

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

**RICARDO VIEIRA MARTINS**

**A RESTAURAÇÃO DE PORTUGAL À MODERNIDADE NO SÉCULO XVIII**

RIO DE JANEIRO  
2013



Ricardo VIEIRA MARTINS

A RESTAURAÇÃO DE PORTUGAL À MODERNIDADE DO SÉCULO XVIII

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia.

Orientador:

Carlos Alberto Lombardi Filgueiras

M379 Martins, Ricardo Vieira.

A restauração de Portugal à modernidade do século XVIII / Ricardo Vieira Martins. – 2013.

544 f. : il., 30 cm.

Tese (Doutorado em História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de Pós Graduação em História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia, 2013.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Lombardi Filgueiras.

1. Portugal - Séc. XVIII – Teses. 2. Portugal - História Militar – Teses. 3. Ciência - História - Teses I. Filgueiras, Carlos Alberto Lombardi (Orient.). II Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de Pós Graduação em História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia. III. Título.

CDD 355.009469

RICARDO VIEIRA MARTINS

A RESTAURAÇÃO DE PORTUGAL À MODERNIDADE DO SÉCULO XVIII

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia.

Aprovada em 26 de novembro de 2013



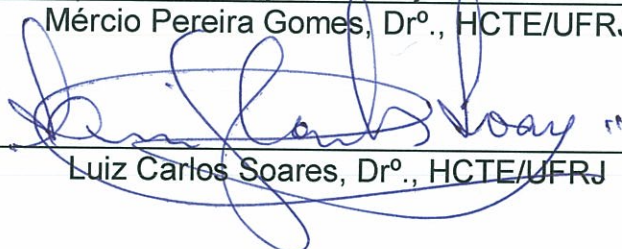
Carlos Alberto Lombardi Figueiras, Dr<sup>o.</sup>, UFMG



Carlos Benevenuto Guisard Koehler, Dr<sup>o.</sup>, HCTE/UFRJ



Mércio Pereira Gomes, Dr<sup>o.</sup>, HCTE/UFRJ



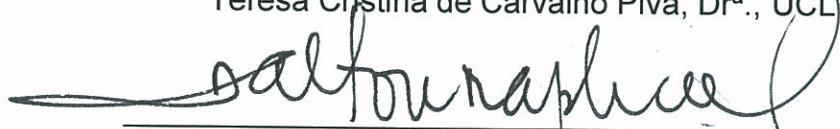
Luiz Carlos Soares, Dr<sup>o.</sup>, HCTE/UFRJ



Marco Antonio Barbosa Braga, Dr<sup>o.</sup>, CEFET/RJ



Teresa Cristina de Carvalho Piva, Dr<sup>a.</sup>, UCL



Dalton Almeida Raphael, Dr<sup>a.</sup>, EBA/UFRJ



Aos meus pais, imigrantes portugueses, que me ensinaram a transcender a nacionalidade brasileira e ser um cidadão luso-brasileiro. À minha esposa, Arlete, e aos meus filhos: Thiago, Diogo e Thomaz.





## AGRADECIMENTO

Ao chegar ao final desta longa jornada, quero deixar registrado todo o meu agradecimento ao Professor Carlos Alberto Lombardi Filgueiras, meu orientador, que durante todos os anos que duraram as minhas pesquisas me permitiu que tudo acontecesse no tempo necessário a minha formação e amadurecimento. A extensão e o aprofundamento deste trabalho não poderiam ter sido alcançados sem o seu vasto saber que se estende por diversas áreas do conhecimento humano.



## RESUMO

Martins, Ricardo Vieira. **A Restauração de Portugal à modernidade do século XVIII**. Rio de Janeiro, 2013. Dissertação (Doutorado em Ciências em História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia) – HCTE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

No início do século XIX, quando o conflito de interesses entre a Inglaterra e a França poderia resultar em uma invasão de Portugal por tropas estrangeiras, tornou-se claro para o Príncipe Regente, e seus ministros, que o sistema de defesa português seria incapaz de impedir tal invasão. A transferência da Corte para o Brasil tornou-se a melhor solução. Por que, contudo, aquela que, havia 300 anos, era uma poderosa nação, digna de um gigantesco império, ocupando uma posição de vanguarda em relação às outras nações da Europa, no início do século XIX foi incapaz de defender seus territórios? Uma nação de vanguarda no século XV se tinha transformado em um Estado obsoleto. O que teria sido necessário para Portugal fazer sua restauração à modernidade da época? A pesquisa muito avançou ao ter deixado de lado o preconceito antigo de só considerar digna de estudo a ciência produzida no meio acadêmico. Um grande avanço foi obtido quando a história das técnicas e a da ciência passaram a ser vistas em conjunto, como faces de uma mesma moeda. Com esta nova postura, colocando lado a lado, a formação de engenheiros militares luso-brasileiros e a formação oferecida pela Universidade de Coimbra durante os séculos XVII e XVIII, em muito fazemos avançar a compreensão do longo esforço que se fez para restaurar Portugal à modernidade da época. A conclusão a que se chegou foi que os saberes úteis e necessários que se pretendia introduzir na Universidade de Coimbra, através da reforma universitária, durante o reinado de D. José I, já estavam sendo ensinados aos oficiais havia décadas nas principais fortalezas portuguesas. A Reforma Pombalina, que procurou fortalecer a burguesia portuguesa e enfraquecer o poder da Igreja, tirou da clandestinidade os saberes úteis e necessários à modernização do ensino militar. A nação portuguesa, contudo, sofreu as consequências de não ter cultivado, ao longo dos anos, o saber necessário para libertar e modernizar uma nação, um saber capaz de produzir



o novo, um saber que não pretendesse apenas pôr o rei de pé, mas mantê-lo de pé, um saber que nunca estaria à venda porque precisaria ser conquistado pelas elites culturais de cada nação, nas suas academias.

Palavras chaves: História, Modernidade, Ciência, Metalurgia, Pólvora, Coimbra, Portugal, Brasil, Militar, Academia, Reforma Pombalina.



## ABSTRACT

Martins, Ricardo Vieira. **The Restoration of Portugal to Modernity in the Eighteenth Century**. Doctoral Dissertation in the Graduate Program in History of the Sciences, Techniques and Epistemology (HCTE), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

At the beginning of the 19<sup>th</sup> century, when the conflict of interests between England and France might lead to an invasion of Portugal by foreign troops, it became clear to the Prince Regent and his ministers that the Portuguese defense system was unable to deter such an invasion. The transfer of the Court to Brazil appeared as the best solution. Why, however, that nation, which for 300 years had been a powerful state, head of a gigantic Empire at the forefront of other European nations, showed itself, at the beginning of the 19<sup>th</sup> century, incapable of defending its territory? A nation at the forefront of Europe in the 15<sup>th</sup> century had become an obsolete state. What was needed to restore Portugal to the status of a modern power at the opening of the 19<sup>th</sup> century? Modern historical research has advanced considerably, leaving aside the old bias of considering worthy of study only that science produced in an academic environment. Great strides were made when the history of the techniques and sciences were considered together, like two sides of the same coin. With this new approach, placing alongside the education of Luso-Brazilian military engineers as well as that provided by the University of Coimbra during the 17<sup>th</sup> and the 18<sup>th</sup> centuries, it becomes much easier to grasp the long effort of Portugal in its quest to restore itself to a modern status. The conclusion of this study was that the useful and necessary knowledge introduced in Coimbra by the Reform of the University during the reign of King D. José had already been taught to military officers for several decades previously at the main Portuguese fortresses. The Pombaline Reform of the University in the 1770's, aimed at furthering the Portuguese bourgeoisie and weakening the power of the Church, legitimized that useful and necessary knowledge, essential for the modernization of military teaching. The Portuguese nation, however, suffered the consequences of not having cultivated the knowledge needed to move forward and modernize the nation as a whole, to make it capable of





engendering novelty, not just to keep the King standing firm, but also to provide the nation with a non-saleable commodity, one to be obtained by the toil of study of its elites in academies.

Key words: History, Modernity, Science, Metallurgy, Gunpowder, Coimbra, Portugal, Brazil, Military Academy, Pombaline Reform.







<b>Capítulo IV</b>	<b>OS SABERES NECESSÁRIOS PARA MANTER UM REI DE PÉ</b>	
IV.1-	<i>Introdução.</i>	185
IV.2-	<i>Arsenais de guerra.</i>	186
IV.3-	<i>A velha física.</i>	189
IV.4-	<i>A geometrização do tempo.</i>	192
IV.5-	<i>A trajetória dos projéteis.</i>	194
IV.6-	<i>Composição de velocidades.</i>	207
IV.7-	<i>Tiros eficientes.</i>	213
IV.8-	<i>Um saber útil e necessário.</i>	217
IV.9-	<i>Conclusão.</i>	222
<b>Capítulo V</b>	<b>NOVOS PRINCÍPIOS DE ARTILHARIA</b>	
V.1-	<i>Introdução.</i>	223
V.2-	<i>A reunião dos sábios.</i>	223
V.3-	<i>A Determinação da Força da Pólvora.</i>	234
V.4-	<i>O Pêndulo Balístico de Benjamin Robins.</i>	246
V.5-	<i>A interferência do ar no movimento dos projéteis.</i>	251
V.6-	<i>Conclusão.</i>	253
<b>Capítulo VI</b>	<b>O ENGENHEIRO PORTUGUÊS</b>	
VI.1-	<i>Introdução.</i>	257
	<b>VI.2- TRATADO I - DA GEOMETRIA PRÁTICA</b>	
VI.2.1-	<i>LIVRO I – Da Longimetria.</i>	262
VI.2.2-	<i>LIVRO II – Da Planimetria.</i>	264
VI.2.3-	<i>LIVRO III – Da Estereometria.</i>	265
VI.2.4-	<i>APÊNDICE – Da Trigonometria Retilínea.</i>	269
	<b>VI.3- TRATADO II - DA FORTIFICAÇÃO OU ARQUITETURA MILITAR</b>	
VI.3.1-	<i>Introdução.</i>	272
	<b>VI.3.2- LIVRO I: DA FORTIFICAÇÃO EM GERAL</b>	
VI.3.2.1-	<i>CAPÍTULO I: Da origem da Fortificação.</i>	274
VI.3.2.2-	<i>CAPÍTULO II: Das definições.</i>	275
VI.3.2.3-	<i>CAPÍTULO III: Das Máximas gerais da Fortificação.</i>	280
VI.3.2.4-	<i>CAPÍTULO IV: Dos primeiros Engenheiros que mudaram a forma das fortificações antigas depois do uso da Artilharia.</i>	281
VI.3.2.5-	<i>CAPÍTULO V: Dos sítios, ou terrenos mais próprios para serem fortificados.</i>	285
VI.3.2.6-	<i>CAPÍTULO VI: Das medidas usadas nas Fortificações.</i>	285



VI.3.3- <i>LIVRO II: Da fortificação regular.</i>	288
VI.3.4- <i>LIVRO III: Das obras exteriores.</i>	289
VI.3.5- <i>LIVRO IV: Da delineação do corpo da praça, e obras exteriores.</i>	289
VI.3.6- <i>LIVRO V: Da fortificação irregular.</i>	289
VI.3.7- <i>LIVRO VI: Da fortificação efetiva.</i>	290
VI.3.8- <i>LIVRO VII: Da fortificação ofensiva das praças.</i>	290
VI.3.9- <i>LIVRO VIII: Da fortificação defensiva das praças.</i>	296
VI.4- <i>APÊNDICE: Das armas de guerra e seus usos.</i>	300
VI.5- <i>Conclusão.</i>	312
<b>Capítulo VII      <i>EXAME DE ARTILHEIROS</i></b>	
VII.1- <i>Introdução.</i>	315
VII.2- <i>Carta ao autor.</i>	326
VII.3- <i>As licenças necessárias.</i>	326
VII.4- <i>Composição da obra.</i>	327
VII.5- <i>TRATADO I – Da aritmética.</i>	328
VII.6- <i>TRATADO II – Da geometria.</i>	328
VII.7- <i>TRATADO III – Da artilharia.</i>	334
VII.8- <i>APÊNDICE I: De algumas perguntas úteis.</i>	352
VII.9- <i>APÊNDICE II: Das balas.</i>	358
VII.10- <i>APÊNDICE III: Das baterias.</i>	365
VII.11- <i>APÊNDICE IV: Dos fogos artificiais.</i>	365
VII.12- <i>Conclusão.</i>	366
<b>Capítulo VIII      <i>EXAME DE BOMBEIROS</i></b>	
VIII.1- <i>Introdução.</i>	369
VIII.2- <i>TRATADO I: Da geometria dos bombeiros.</i>	372
VIII.3- <i>TRATADO II: Da trigonometria dos bombeiros.</i>	378
VIII.4- <i>TRATADO III: Da longimetria.</i>	382
VIII.5- <i>TRATADO IV: Da altimetria.</i>	387
VIII.6- <i>TRATADO V: Dos morteiros, ou exata arte de deitar bombas.</i>	389
VIII.7- <i>TRATADO VI: Dos pedreiros.</i>	410
VIII.8- <i>TRATADO VII: Dos obus.</i>	412
VIII.9- <i>TRATADO VIII: Dos petardos.</i>	413
VIII.10- <i>TRATADO IX: Das baterias.</i>	413
VIII.11- <i>Apêndice I: Do método mais fácil de contar as bombas, e balas na pilha.</i>	415





VIII.12- Apêndice II: Do método de achar o lado, para formar as pilhas triangulares, ou quadrangulares, dado o número de balas.	416
VIII.13- TRATADO X: Da pirobolia militar ou fogos artificiais da guerra.	420
VIII.14- Conclusão.	429
<b>Capítulo IX O PRIMEIRO MATEMÁTICO MODERNO PORTUGUÊS</b>	
X.1- Introdução.	431
X.2- Anastácio da Cunha (1744-1787).	434
X.3- Conclusão.	440
<b>Capítulo X A RESTAURAÇÃO DE PORTUGAL À MODERNIDADE NO SÉCULO XVIII</b>	
X.1- Introdução.	443
X.2- A evolução do ensino de artilharia em Portugal.	444
X.3- A modernização do ensino na Universidade de Coimbra.	450
X.4- A moderna formação dos engenheiros militares luso-brasileiros.	451
X.5- Conclusão.	459
<b>Conclusões</b>	461
<b>Referências</b>	465
<b>ANEXOS</b>	
Anexo I - Armaria em Portugal - Fabricantes de armas brancas que exercem a sua profissão em Portugal.	489
Anexo II - Artes e indústrias metálicas em Portugal – serralheiros e ferreiros.	501
Anexo III - Artes e indústrias metálicas em Portugal – fundidores de artilharia.	505
Anexo IV - Armaria em Portugal - Fabricantes de armas de arremesso e de fogo, besteiros, viroteiros, arcabuzeiros, espingardeiros, etc., que exerceram a sua indústria em Portugal.	509
Anexo V - O fabrico de pólvora em Portugal.	529
Anexo VI - Cronologia dos reis de Portugal.	529
Anexo VII - Unidades de medidas arcaicas.	543

# INTRODUÇÃO

A pesquisa histórica atual a respeito da ciência no império português e suas colônias e, em particular, a história da ciência luso-brasileira, muito têm avançado nas últimas décadas por terem deixado de lado o preconceito antigo de só considerar digna de estudo a ciência produzida no meio acadêmico. Um grande avanço foi obtido quando a história das técnicas e a da ciência passaram a ser vistas em conjunto, como faces de uma mesma moeda. Com esta nova postura, quando colocamos lado a lado a formação de engenheiros militares luso-brasileiros e a formação oferecida pela Universidade de Coimbra durante os séculos XVII e XVIII, em muito fazemos avançar a compreensão do longo esforço que se fez para restaurar Portugal à modernidade da época.

No início do século XIX, quando o conflito de interesses entre a Inglaterra e a França poderia resultar em uma invasão de Portugal por tropas estrangeiras, estava claro para o Príncipe Regente, e seus ministros, que o sistema de defesa português seria incapaz de impedir tal invasão. A transferência da Corte para o Brasil tornou-se a melhor solução. Mas havia a pergunta que não queria calar. Por que aquela que, havia 300 anos, era uma poderosa nação, digna de um gigantesco império, ocupando uma posição de vanguarda em relação às outras nações da Europa, no início do século XIX foi incapaz de defender seus territórios? Uma nação de vanguarda no século XV se tinha transformado em um Estado obsoleto. O que teria sido necessário para Portugal fazer sua restauração à modernidade da época?

O efêmero conceito de modernidade nunca permitirá uma resposta definitiva a qualquer pergunta que dependa da sua precisa conceituação. A modernidade se desfaz no ar como fumaça, não existindo de forma absoluta, porque sempre estará em referência a uma época e local que estabelecem as condições de vanguarda ou obsolescência. Assim sendo, a modernidade a que me referirei neste trabalho estará em referência à Europa do século XVIII e às condições que permitiam a uma nação se apropriar do saber necessário à

conquista da vanguarda na arte de fazer a guerra. Esta é a modernidade que dava a uma nação o poder de impor seus interesses às demais nações que se tornaram obsoletas, e alimentava as guerras entre as nações. A liberdade de uma nação era uma conquista que se fazia com armas, homens, técnica e ciência. A modernização do século XVII e XVIII estabeleceu uma nova ciência que redefiniu as imagens construídas do Universo, do homem e de Deus, tornando-as mais adequadas à burguesia do que ao antigo regime, que passou a ser visto como obsoleto, o Velho Regime. A Igreja e a nobreza passaram a ter seus interesses ameaçados, e a antiga gente miúda foi transformada em soldados da modernidade. A necessidade de recrutamento de homens para os grandes exércitos com alta taxa de mortalidade fazia desaparecer dos mapas aldeias porque seus homens eram levados para se submeterem à disciplina militar que lhes roubava a alma e os tornava peças da máquina de guerra. Em tempo de paz, os soldados da modernidade se tornavam peças das máquinas eficientes que enriqueciam a burguesia na indústria têxtil.

O Velho Regime, em Portugal, resistiu à modernidade. A Inquisição agiu no sentido de apartar a nação portuguesa dos novos saberes que se praticavam além dos Pirineus, mas que seriam necessários para pôr o rei de pé. Mas, por quanto tempo se poderia manter este afastamento e a nação livre? A ameaça de uma invasão estrangeira pela força das armas poderia enfraquecer o anel de proteção que os censores do Santo Ofício mantinham sobre homens e livros? Que importância poderia ter tido a Invasão Francesa ao Rio de Janeiro, em 1711, no processo de modernização de Portugal e da sua colônia Brasil?

Nos séculos XVI e XVII, mais precisamente entre 1560 e 1660, ocorreu na Europa o que o historiador Michael Roberts (1908-1996), em 1956, denominou de *Revolução Militar*. Em seu trabalho<sup>1</sup>, Roberts considerava que a revolução militar se deu em quatro áreas distintas. Primeiro foi a revolução nas táticas de guerra, cuja principal inovação foi introduzida por Maurício de Nassau, que utilizava pequenas unidades de soldados e mosqueteiros muito disciplinados que se movimentavam em linha, respondendo uníssonos à voz de

---

<sup>1</sup>ROBERTS, 1995, pp. 13-35.

comando, em arranjos organizados por coreografias que se encaixavam precisamente, como engrenagens de uma máquina. Os mosqueteiros de Nassau eram capazes de manter um fogo contínuo: enquanto alguns mosquetes lançavam seus projéteis, outros estavam sendo preparados para um novo tiro. Na nova tática, não se exigiam prodigiosas qualidades individuais do soldado nem grandes habilidades, mas se requeriam longos treinos. Desta forma, Maurício de Nassau conseguiu ser *inovador* e formar exércitos com soldados mais eficientes que as forças armadas do principal adversário da Holanda, a Espanha, que, na opinião de Roberts, continuava a utilizar táticas *conservadoras*. A segunda revolução é atribuída a Gustavo Adolfo, rei da Suécia, e corresponde ao desenvolvimento de novas estratégias que envolviam o movimento simultâneo de várias armas<sup>2</sup>, o que somente era possível porque o rei utilizava soldados que eram mantidos em treinamento constante, mesmo em tempo de paz. A terceira revolução foi o prodigioso aumento do tamanho dos exércitos, o que obrigava que as nações que os tivessem fossem capazes de ter e manter complexas estruturas administrativas. A quarta revolução foi o aumento do poder bélico dos exércitos e o conseqüente impacto sobre a sociedade. Na Guerra Moderna, não bastava pôr o inimigo em fuga, era necessário exterminá-lo.

Durante duas décadas, as teses de Michael Roberts não foram refutadas. Mas, em 1976, Geoffrey Parker publica um artigo (*The Military Revolution, 1560-1660 – A Myth?*) e reabre o debate. Parker não aceita que Roberts apresente as tropas espanholas como *conservadoras*, e as holandesas como *inovadoras*. Antes dos holandeses e dos alemães, os espanhóis já utilizavam grandes exércitos que eram mantidos no norte da Itália. Durante oito décadas, a Espanha manteve uma complexa e dispendiosa estrutura administrativa que permitia o deslocamento de uma só vez de milhares de homens do norte da Itália até os Países Baixos<sup>3</sup>. Os exércitos eram divididos em pequenas unidades *táticas* e *administrativas*, as companhias, compostas de 120 a 150 homens. Por sua vez, as companhias eram agrupadas em grandes

---

<sup>2</sup>Até a Idade Média, os conflitos na Europa envolviam apenas duas Armas: a Infantaria e a Cavalaria. No entanto, a partir da Guerra dos Cem Anos, com a introdução da arma de fogo nas batalhas, surgiu uma terceira Arma, a Artilharia.

<sup>3</sup>PARKER, 2004.

regimentos, que os espanhóis denominavam *tercios* e que poderiam chegar a ter cerca de 1500 homens<sup>4</sup>. No século XV, antes da época em que Roberts considerou ter ocorrido a Revolução Militar, os italianos introduziram uma importante modificação na arquitetura militar, o *Traço Italiano*. Com o novo estilo de construir, as fortificações passaram a resistir melhor e por mais tempo aos ataques. O canhão, antes do *traço italiano*, já tinha causado uma revolução militar ao ter jogado abaixo as muralhas dos castelos medievais e reduzido de meses para semanas o tempo necessário para vencer o sistema de defesa mantido por um castelo. Portanto, com a nova forma de construir fortificações utilizando baluartes, a batalha de cerco voltou a ter a duração de meses, ou até anos, o que permitia que poucos soldados protegidos pelo novo sistema de defesa resistissem por muito tempo ao ataque de grandes e dispendiosos exércitos. O novo tipo de fortificação permitiu um novo tipo de sistema de defesa, que tornou as batalhas em campo aberto desnecessárias e deu às nações mais pobres uma maior possibilidade de resistir aos ataques dos poderosos exércitos dos seus invasores. Em resumo, Parker considerou que Roberts se equivocou ao considerar que a Revolução Militar ocorreu no norte da Europa, entre 1560 e 1660, e ao desconsiderar as revoluções militares anteriores.

A palavra *revolução*, como foi empregada por Roberts, pouco a pouco foi cedendo lugar ao termo *evolução*, uma evolução que o historiador Clifford J. Rogers considera ter em certas épocas uma grande velocidade de modificação, quando caberia dizer, em sua opinião, que naquela determinada época estaria ocorrendo uma revolução<sup>5</sup>. Apesar de já se ter afirmado que são as ideias que criam as palavras e as palavras criam as ideias, após Thomas Khun ninguém mais conseguiu usar a palavra revolução sem que caísse em um grande debate conceitual.

Em 2003, um grupo de historiadores portugueses, coordenados pelo historiador Antonio Manuel Hespanha, publicou uma nova história militar para Portugal, considerando a Guerra Moderna entre os séculos XVI e XVIII. O texto

---

<sup>4</sup>PARKER, 1995, p. 39.

<sup>5</sup>ROGERS, 1995, pp. 55-93.

se tornou o segundo volume de uma obra mais extensa, com cinco volumes, *Nova História Militar de Portugal*, que foi escrito sob a direção de Manuel Themudo Barata e Nuno Severiano Teixeira. O texto coordenado por Hespanha não é uma história repleta de biografias de heróis, como é comum nas histórias militares antigas, mas uma história que mostra o que ocorreu no reino português enquanto na Europa acontecia a Revolução Militar a que se referiu Michael Roberts, e a quem Hespanha faz referência logo na introdução do trabalho<sup>6</sup>. Portugal se manteve por muito tempo afastado dos conflitos armados na Europa, mantendo na África e na Índia suas principais batalhas. A guerra é composta por batalhas que ocorrem segundo regras estabelecidas por aqueles que estão em conflito. Como explicou John Keegan, no seu trabalho intitulado *Uma História da Guerra*<sup>7</sup>, as batalhas nas guerras não ocorrem de uma mesma forma entre os diferentes povos. No século XV, o povo português, através de uma longa jornada por terras e continentes desconhecidos, precisou ser eficiente em batalhas navais e terrestres, seguindo regras desconhecidas para os europeus. No século XVII, quando Portugal precisou voltar a participar de conflitos no continente europeu, os portugueses logo perceberam que a maneira como lutavam nas batalhas já estava ultrapassada. Para se reintegrar à Europa, o país precisaria fazer um grande esforço de modernização.

Novas respostas precisam ser dadas para velhas perguntas, e como já foi dito anteriormente, para isso foi necessário abandonar o antigo preconceito de só considerar digna de estudo a ciência produzida nos meios acadêmicos. Com a história das ciências e das técnicas, colocadas lado a lado, como faces de uma mesma moeda, novos pontos de vista foram obtidos sobre o que teria sido necessário à modernização de Portugal. Com esta nova postura, enfatizada nos trabalhos de Carlos Alberto Lombardi Filgueiras<sup>8,9</sup>, e com um olhar atento sobre o reinado de D. João V, este trabalho pretendeu fazer avançar o estudo das ciências e das técnicas luso-brasileiras em um período importantíssimo, uma época beneficiada pela riqueza do ouro no Brasil e que atraiu para a colônia portuguesa a cobiça da França.

---

<sup>6</sup>HESPANHA, 2003, pp. 9-33.

<sup>7</sup>KEEGAN, 1993, 2006.

<sup>8</sup>FILGUEIRAS, 1998.

<sup>9</sup>FILGUEIRAS, 2001.

A comemoração dos 350 anos dos “Discorsi Intorno a due nuove scienze”, realizada em 1998 na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), reuniu no auditório da Coppe os principais biógrafos e estudiosos nacionais e internacionais da obra de Galileu. Entre os convidados, Pierre Thuillier deixou claro nas suas intervenções que considerava os *Discorsi* “a maior contribuição de Galileu à elaboração do que chamam atualmente de ciência”<sup>10</sup>, e que geralmente se omitem nas análises dessa obra o estudo que Galileu fez sobre a resistência dos materiais, a primeira das duas ciências tratadas nos *Discorsi*, uma ciência utilitária, própria dos engenheiros. No entanto, não existe na obra de Galileu uma separação radical entre ciência e técnica. Em diversos trabalhos, Galileu é apresentado erroneamente como um teórico alheio às preocupações práticas, como se a sua obra apenas estivesse associada essencialmente a uma ciência considerada nobre, como a mecânica racional<sup>11</sup>.

No mesmo evento de que participou Thuillier, Stillman Drake em sua palestra afirmou que Marin Mersenne, em 1639, descreveu Galileu como um matemático e engenheiro. Apesar do fato de Galileu nunca ter sido um engenheiro, na época uma atividade própria dos oficiais militares, Drake considerou muito adequada a descrição feita por Mersenne:<sup>12</sup>:

Os historiadores da ciência, habitualmente trataram Galileu como um filósofo, muito embora ele nunca tivesse escrito nada sobre o assunto. Os professores de filosofia foram seus primeiros e mais reivindicadores adversários<sup>13</sup>.

Em resumo, para Drake, nos *Discorsi*, Galileu escreveu como um engenheiro, ou para engenheiros, e fazendo minhas as suas palavras, também afirmo que na segunda nova ciência Galileu escreveu para os engenheiros militares e para os oficiais da Artilharia.

O estudo dos movimentos de projéteis feitos por Galileu, fundamental à formação dos oficiais da Artilharia para a Guerra Moderna, nos permite considerar, após os comentários de Thuillier e Drake, aos quais me referi

---

<sup>10</sup>THUILLIER, 1998, p.13.

<sup>11</sup>THUILLIER, 1998, p.14.

<sup>12</sup>DRAKE, 1998, p. 46.

<sup>13</sup>DRAKE, 1998, p.46.

anteriormente, que vestígios da obra de Galileu deixados em qualquer texto destinado à formação dos oficiais da Artilharia serão um importante indicador de modernidade. No entanto, nos *Discorsi*, Galileu apresentou apenas um estudo sobre o movimento dos projéteis próximos da superfície da Terra, o que chamamos de cinemática. O estudo das causas do movimento, a dinâmica, feito por Newton, também poderá ser utilizado como um importante indicador de modernidade. Na arquitetura militar, o uso do *Traço Italiano* na construção de fortificações também será um indicador de modernização. Por outro lado, o ensino especializado necessário à Guerra Moderna tornou fundamental o uso da matemática para dar solução a diversos problemas como os de longimetria e altimetria. A observação de como esse ensino foi introduzido nos textos didáticos próprios para o ensino militar, assim como a sua evolução, nos fornecerão mais um indicador da modernidade. Em resumo, a análise detalhada do material didático escrito pelos principais autores militares portugueses oitocentistas, considerando a história das ciências e das técnicas, será um procedimento inédito para pesquisar a modernização de Portugal no século XVIII, assim como fará avançar a pesquisa da história militar luso-brasileira.

A pesquisa iniciou, há alguns anos, com a procura no Brasil e em Portugal de fontes primárias, secundárias e até terciárias. Com o passar do tempo, consegui reunir um grande número de fontes sobre o tema pesquisado. Para obter o material, impresso ou digitalizado, foram necessárias diversas consultas aos acervos de bibliotecas (nacionais e internacionais), arquivos de museus (nacionais e internacionais), assim como a aquisição de textos através da compra de livros (nacionais e importados). Em alguns casos, a Internet propiciou os meios necessários para que fosse possível obter fontes primárias e secundárias, como textos e imagens. A seguir, estão relacionados os diversos arquivos e bibliotecas, no Brasil e em Portugal, onde obtive importantes fontes de material para a pesquisa.

#### No Brasil

- Arquivo e biblioteca do Instituto Histórico e Geográfico Brasileiro.
- Arquivo de Obras Raras (mapas) da Biblioteca Nacional.



- Arquivo Nacional.
- Biblioteca de obras raras da Marinha.
- Biblioteca de obras raras do Exército.
- Biblioteca Nacional.
- Biblioteca do Museu Histórico Nacional.
- Real Gabinete Português de Leitura.

Em Portugal:

- Arquivo de Obras Raras da Biblioteca Nacional (Lisboa).
- Arquivos Nacionais da Torre do Tombo (Lisboa).
- Arquivo Histórico Ultramarino (Lisboa).
- Arquivo da Universidade de Coimbra (Coimbra).
- Arquivo Distrital de Braga / Universidade do Minho (Braga).
- Biblioteca Geral da Universidade de Coimbra (Coimbra).
- Biblioteca Nacional (Lisboa).
- Museu Militar (Lisboa).

A leitura do material correspondeu ao que considero a segunda fase do meu trabalho. Esta não ocorreu após a primeira, mas concomitante a todas as outras fases da pesquisa. Com o progresso das leituras, que promoveu um maior domínio sobre o tema, surgiu a necessidade de novas fontes. A terceira fase da pesquisa ocorreu quando comecei a perceber que, de um mesmo núcleo, novas pesquisas estavam se formando. O que foi contornado estabelecendo com maior clareza os limites e objetivos da pesquisa. A quarta fase, e última, foi a de produção do texto final da Tese.

A pesquisa será descrita através de um texto dividido em dez capítulos. Em cada capítulo há uma introdução e uma conclusão. Inicialmente, no primeiro capítulo, a partir da conceituação de ciência dada por Pierre Thuillier, que a considera uma *invenção*, um modo particular de apropriação do *mundo imaginário* por sujeitos humanos historicamente situados, a visão foi considerada como a capacidade de transformar luz em imagem, com a qual o homem passou a ter a percepção de um mundo que contém o observador. Para tomar ciência deste mundo externo ao seu corpo, o observador precisa

imaginar, isto é, criar imagens, modelos de uma realidade que admite existir, como um princípio, e que garanta a sua própria existência. O Tratado da Esfera (c.1478), de Johannes de Sacro Bosco, muito contribuiu, no passado, para organizar a vida daqueles que ao redor do Mediterrâneo imaginavam viver em uma Terra esférica localizada no centro do Universo. A Aula da Esfera, como passou a ser conhecida em Portugal a obra de Sacro Bosco, traduzida para o português em 1537, não era ignorada por todos que no comando das embarcações participavam do projeto de transbordamento dessa pequena nação. Esses viajantes, navegando por mares nunca antes navegados, estabeleceram em contato com novos povos uma infinidade de conflitos de interesses que lhes exigia uma grande capacidade de negociar até o limite do inegociável, quando as armas modernas que transportavam em suas naus davam solução aos conflitos. As armas passaram a ser fundamentais aos portugueses em suas pequenas naves, as quais foram pouco a pouco se transformando em verdadeiras fortalezas flutuantes.

As técnicas que permitiram confeccionar armas brancas e as de fogo através dos séculos foram estudadas no segundo capítulo, bastante longo, porém necessário para que pudéssemos entender porque nem todos os povos tiveram acesso à modernidade que provém das armas. Uma modernidade que Portugal possuía nos séculos XV e XVI, mas que a invasão francesa ao porto do Rio de Janeiro, no início do século XVIII, tornou evidente que a nação portuguesa já não a possuía nesta época, o que foi analisado no terceiro capítulo.

A modernidade através das armas de fogo fez surgir uma guerra que se fazia com arte e ciência. Portanto, além das técnicas necessárias à confecção das armas, também se deve verificar quais são os saberes necessários àqueles que as utilizam na guerra. No quarto capítulo, foi analisado parte dos *Discorsi*, no qual Galileu desenvolveu uma nova física, em oposição à velha física aristotélica, fazendo assim surgir a Balística Externa como uma nova ciência necessária aos artilheiros e bombeiros. O estudo da Balística, que na Inglaterra e na França fizeram parte dos temas discutidos em suas academias de ciências, como será visto no quinto capítulo, tornará evidente a existência de dois saberes distintos: um necessário para pôr um rei de pé, soberano do

seu território; e outro capaz de mantê-lo de pé. O primeiro se podia adquirir através da contratação eventual de exércitos estrangeiros compostos por armas modernas e de homens práticos, que estando bem disciplinados e treinados tornavam as armas de fogo mais eficientes. No entanto, o segundo tipo de saber não se poderia comprar, mas apenas conquistá-lo, uma conquista que surgia no debate de ideias entre homens teóricos que agiam como engenheiros que, fazendo uso dos saberes úteis e necessários fornecidos pela matemática e a física, procuravam dar soluções aos novos problemas práticos que surgiam nos arsenais, ou propondo novas técnicas que tornavam as armas mais eficientes. O incentivo às reuniões desses homens, como veremos no quinto capítulo, fez surgir nas primeiras academias os novos princípios da artilharia.

As armas modernas fizeram da engenharia uma nova arma, a qual foi criada em Portugal apenas em 1647. Nas primeiras décadas do século XVIII, o engenheiro-mor Manoel de Azevedo Fortes, encarregado da direção do ensino militar, inicia o que considera a formação de engenheiros militares modernos em Portugal. Um homem brilhante, do alcance de cuja obra intitulada *O Engenheiro Português* trataremos no sexto capítulo, foi um crítico severo da atitude da primeira nobreza, cujos primogênitos, sem nenhum conhecimento da Arte da Guerra, assumiam por direito de representantes das principais Casas o comando do exército português. Em *O Engenheiro Português*, Fortes expõe o que considera fundamental à modernização do exército português, a necessidade de valorizar o engenheiro militar e o oficial da Artilharia, sem o que não se conseguiria atrair para as academias militares portuguesas os membros da primeira nobreza, o que já tinha ocorrido havia várias décadas na França de Luís XIV, e que foi adotado nas nações mais poderosas no norte da Europa. Esta tese de grande importância para a história militar luso-brasileira, que Fortes apresenta no início do século XVIII, atualmente foi retomada pelo historiador português Nuno Gonçalo Monteiro.

A análise detalhada do material didático escrito pelos principais autores militares portugueses oitocentistas em busca dos indicadores de modernidade, aos quais já me referi anteriormente, iniciou-se no capítulo seis e se estendeu até o capítulo nove. Para terminar, no décimo capítulo, analisa-se o que

deveria ter sido feito para restaurar Portugal à modernidade na época em que seu exército foi incapaz de impedir a invasão francesa ao território nacional e a consequente fuga do rei e sua corte para o Brasil.



# CAPÍTULO I

## O ESPAÇO E O TEMPO IMAGINADO

### I.1 Introdução

A visão, capacidade de transformar luz em imagem, deu ao homem a percepção de um mundo que contém o observador. Para tomar ciência deste mundo externo ao seu corpo, o homem precisou imaginar, isto é, criar imagens, modelos de uma realidade que admitiu existir, como um princípio, e que garantiria a sua própria existência.

A ciência foi definida por Pierre Thuillier<sup>14</sup> como uma invenção – um modo particular de apropriação do mundo imaginário por sujeitos humanos, historicamente situados. Certamente, uma das maiores invenções humanas foi o conceito de espaço, como o local onde está contido.

Na Antiguidade, o espaço foi imaginado como formado por *pontos distintos*, denominados de lugares naturais. Tal conceito de espaço, desenvolvido na filosofia de Aristóteles, dava aos lugares naturais uma distinção dentro de uma hierarquia. Como a capacidade humana de imaginar é historicamente situada, tal concepção espacial foi adequada a um mundo governado por forças absolutas e sociedades divididas em castas. No ocidente, durante dois mil anos, período que vai da Antiguidade ao final da Idade Média, esta foi a forma oficial de se imaginar o espaço. Uma alteração desse modelo poderia abalar toda a estrutura da Ciência e do pensamento do homem a respeito de si mesmo.

---

<sup>14</sup>THUILLIER, 1989.

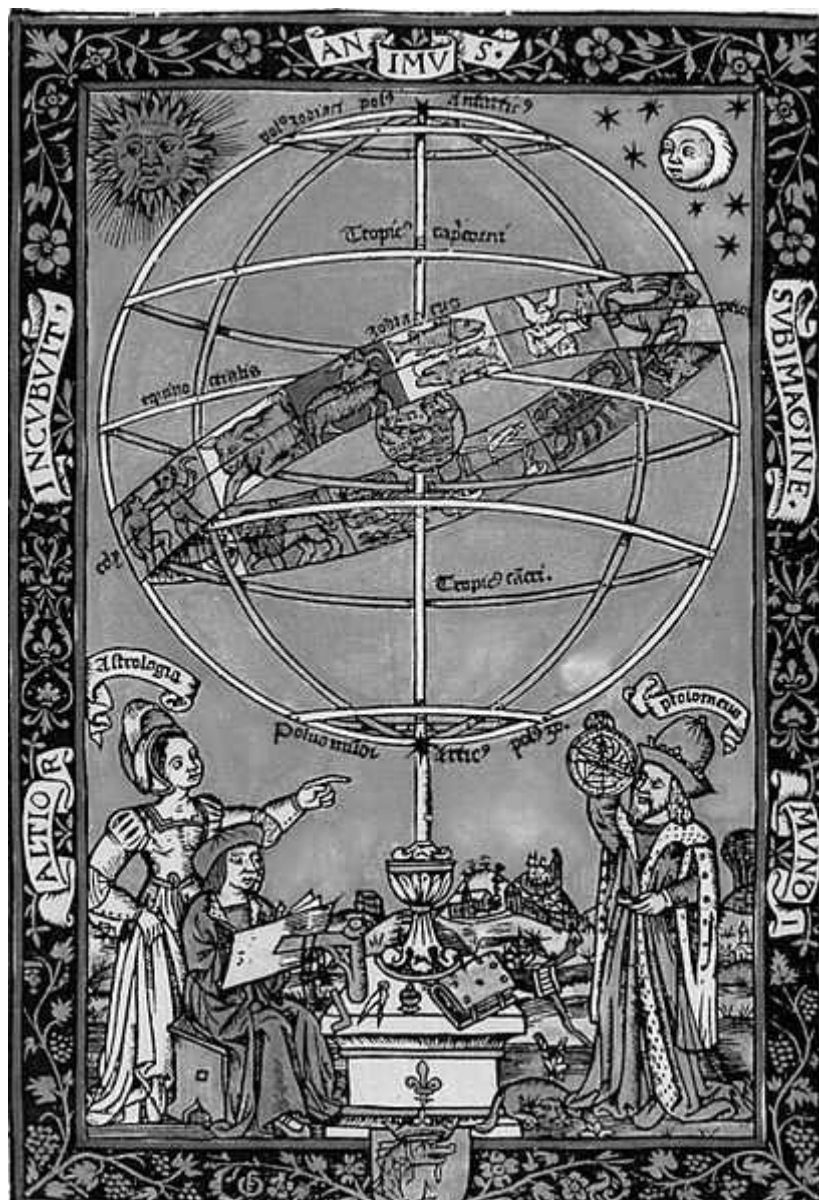
## I.2 A geometrização do espaço

A Idade Média certamente foi um longo período de estabilidade, quando um viajante poderia percorrer as terras ao redor do Mediterrâneo, indo do oriente ao ocidente, sem encontrar, nos povos que habitavam aquela região, grandes diferenças científicas. O Império Romano, na Antiguidade, praticamente uniformizou e estabilizou a região. O mais influente de todos os sábios romanos antigos foi Cláudio Ptolomeu de Alexandria (c.90- c.168 d.C.), que muito contribuiu para o desenvolvimento da astronomia e da geografia, criando novas imagens daquilo que o homem identificaria como o mundo onde vivia. Muitos séculos foram necessários para tornar as imagens de Ptolomeu do céu e da Terra obsoletas. Na sua visão, a maior parte da superfície do nosso planeta era constituída por terra seca (Figura I-1). Um mundo geocêntrico (Figura I-2) foi a imagem que Ptolomeu teve do universo e que permaneceu aceita por mais de mil anos até que um novo modelo heliocêntrico foi proposto por Nicolau Copérnico (1473-1543) no século XVI. Os árabes trouxeram para a Europa ocidental a obra de Ptolomeu, em 1406, época em que já começava a ficar desatualizada<sup>15</sup>.



**Figura I-1:** Foto do Mapa de Ptolomeu, impresso em 1482 em Ulm (Alemanha) por Leinhart Holle. O original se encontra na Biblioteca Nacional da Espanha. Disponível em <<http://en.wikipedia.org/wiki/File:PtolemyWorldMap.jpg>>. Acesso em 29/05/2011.

<sup>15</sup> BOORSTIN, 1989, pp. 31-33.



**Figura 1-2:** Cláudio Ptolomeu observando uma enorme esfera armilar e os céus usando um astrolábio e sendo instruído pela Astrologia, deusa grega, enquanto o escriba registra as medições. Uma xilogravura de 1515, feita por Erhardt Schön. Disponível em <http://garybrandastrology.com/articles/echo/MetaphysicalAstrology7-10-2008.html>. Acesso em 28/05/2011.

O sábio medieval procurava muito mais se apropriar das lições deixadas pelos antigos do que criar novos conhecimentos, apesar de vários avanços importantes surgidos na Idade Média, como a ciência árabe e persa, e a extraordinária capacidade de construir enormes edifícios de pedra com paredes de vidro, as catedrais góticas. No entanto, no final da Idade Média, o canhão, uma nova arma, abalou as estruturas do feudalismo e criou novas condições para os centros de poder, levando a uma centralização que deu origem aos



estados nacionais. As antigas muralhas das cidades medievais não resistiam ao ataque com a nova arma. A arquitetura das cidades foi modificada. O cenário da Europa no século XV era de lutas e temores. A Guerra dos Cem Anos e a conquista de Constantinopla pelos turcos, em 1453, foram exemplos dessa nova realidade. O Império Otomano, com exércitos armados com gigantescos canhões, pôe abaixo as antigas muralhas que protegiam Constantinopla. Antes disso, as muralhas das cidades medievais resistiam ao cerco durante meses, levando o inimigo à derrota pela exaustão de suas forças. No entanto, com a nova arma, eram abatidas em poucas semanas, dando fim ao cerco. Um novo projeto de construção dessas muralhas protetoras - o Traço Italiano<sup>16</sup>, - rapidamente se difundiu por toda a Europa.

Por esse período, surgiu uma nova classe, a dos artilheiros. Nas cidades, o poder se concentrou através da união de três classes de homens práticos: empreiteiros, banqueiros e artilheiros. As três novas classes tinham um novo interesse, o cálculo<sup>17</sup>. A matemática prática era apreendida em Escolas de Ábaco ou diretamente em manuais para comerciantes, como o escrito no século XV por Piero della Francesca, *De Abaco*. Nos manuais se aprendia a Regra de Ouro, isto é, a regra de três, considerada a chave do comerciante. A geometria também era estudada através do cálculo de volumes, áreas e distâncias. Desta forma, com esse novo interesse, o espaço se geometrizou. O cultivo passou a ser feito sobre solos geometricamente divididos, como uma forma de se obter uma maior produção e facilitar a cobrança de tributos. Em 1420, entre Florença e Milão, pela primeira vez na história da Europa é traçada uma fronteira através de uma linha reta imaginária, separando as duas regiões, como mais tarde também foi feito no Tratado de Tordesilhas, firmado entre Portugal e Espanha, quando dividiram o mundo. Até então, o que se observava normalmente eram fronteiras físicas, isto é, determinadas por rios e acidentes geográficos. No início do século XIV, Florença teve um papel de primeiro plano no desenvolvimento da geografia e

---

<sup>16</sup> O arquiteto italiano e humanista, Leon Battista Alberti, foi o primeiro a imaginar o que poderia ser uma correta resposta ao ataque das bombardas. No seu tratado, *De reaedificatoria*, escrito em 1440, sugere que as defesas das fortificações seriam mais eficientes se no lugar das altas muralhas verticais fossem construídas outras em ângulos, como dentes de um tubarão, e especula que a forma de uma estrela seria a melhor configuração (PARKER, 1996, p.8).

<sup>17</sup> THUILLIER, 1994, p.76.

da cartografia<sup>18</sup> na Europa. No final do século XIII, em 1275, na Toscana, já havia ocorrido uma grande contribuição italiana para a navegação costeira, a representação geométrica das rotas, o Portulano. No início do século XV, já chegava a Florença uma cópia da Geografia de Ptolomeu (Figura I-3), que logo foi traduzida do grego para o latim. Em um mapa de Roma (1432-34), Leon Battista Alberti fez uso das coordenadas polares, tomando como ponto central o Alto do Capitólio<sup>19</sup>. Esta técnica também passou a ser empregada pelos artilheiros, que localizavam a peça de artilharia no ponto central, a partir do qual se medem direções e alcances.

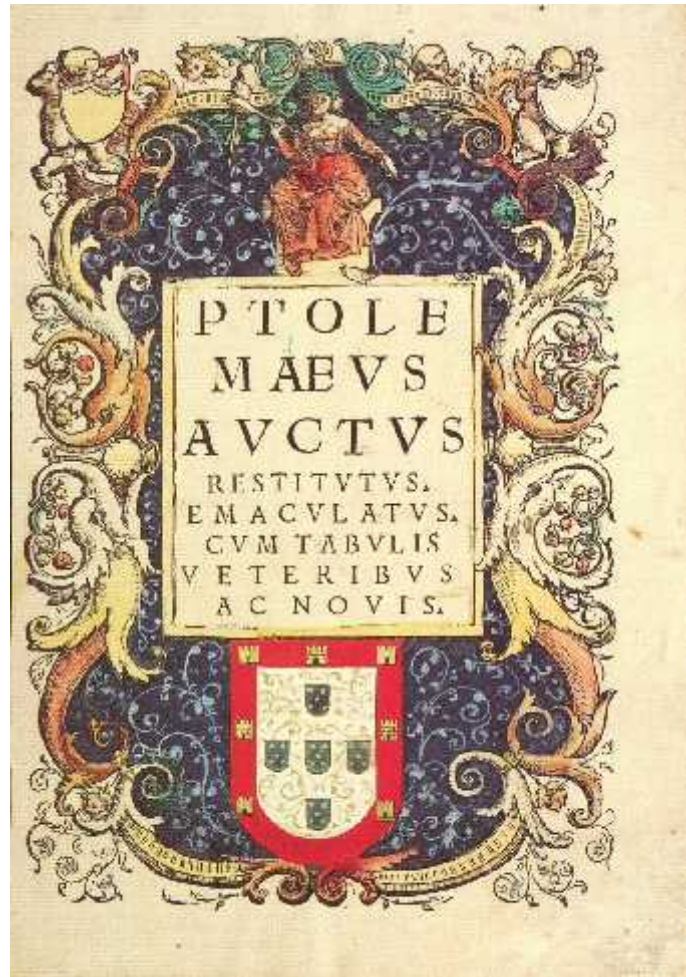
A topografia<sup>20</sup> passou, então, a ser a principal ferramenta de representação do espaço ocupado pelo homem. Não apenas a Terra, mas todo o universo estava sob o domínio da geometria. Os astros celestes, representados por pontos, se movimentavam sobre trajetórias representadas por linhas. A representação das posições dos astros no céu e os seus movimentos passaram a ter a precisão necessária para permitir a confecção de calendários, assim como nortear ou orientar os viajantes durante longas viagens sobre a terra ou sobre o mar. O comércio entre povos distantes ampliou o interesse sobre o estudo da esfera celeste, a Aula da Esfera, como era conhecida em Portugal.

---

<sup>18</sup>THUILLIER, 1994, p.78.

<sup>19</sup>THUILLIER, 1994, p.80.

<sup>20</sup>A topografia (*topos=lugar; grafia=registro, descrição*) usa a geometria (*geo=Terra; metria=medição*) para medir o espaço representado. Usa também a trigonometria, que é a resolução de triângulos para a medição de ângulos e distâncias.



**Figura I-3:** Fonte: ALBUQUERQUE, Luís de; BOXER, Charles R.; FARIA, Francisco Leite de; GUEDES, Max Justo; ROGERS, Francis M.; WASHBURN, Wilcomb E. "Portugal - Brasil, A Era dos Descobrimentos Atlânticos". Lisboa: Bertrand Editora, 1990, pág. 113.

### I.3 O Tratado da Esfera

Em Veneza, c. 1478, foi publicado por Adam de Rottweil, como parte de um volume maior intitulado *Theoricaplanetarum*, a obra do inglês Johannes de Sacro Bosco intitulada *Tractatus de Sphaera*<sup>21</sup>. O Tratado da Esfera era uma obra de grande interesse porque, utilizando os novos saberes já apresentados por Ptolomeu no *Almagesto*, ensinava a usar o céu para organizar a vida na Terra. Não era, portanto, uma obra escrita para atender apenas aos astrônomos e matemáticos. O autor assim apresenta seu trabalho:

---

<sup>21</sup>BOSCO, 2006.

Dividimos o tratado da esfera em quatro capítulos. No primeiro será dito o que é a esfera, o que é o seu centro, o que é o eixo da esfera, o que é o pólo do mundo, quantas são as esferas, e qual é a forma do mundo. No segundo, sobre os círculos dos quais se compõem a esfera material, e a supraceleste, por cuja imagem compreendemos que esta é composta. No terceiro sobre o nascimento e o ocaso dos signos e sobre a diversidade dos dias e das noites que ocorrem para os que habitam em diversos lugares; e sobre a divisão dos climas. No quarto, sobre os círculos e movimentos dos planetas, e sobre as causas dos eclipses.

O mundo como proposto por Ptolomeu e descrito por Johannes de Sacro Bosco, segundo Aristóteles seria formado pelos cinco elementos: terra, água, ar, fogo e éter. O elemento terra era representado por uma esfera no centro do universo; em volta dessa esfera central, em outra esfera, a água, o segundo elemento; em volta da água, ar; em volta do ar, fogo, cuja esfera se estendia até a esfera lunar (Figura I-4), que limitava a primeira região elementar, onde ocorrem alterações contínuas. A região etérea lúcida, com essência imutável, era composta de esferas de éter, o quinto elemento. Nessa região, os astros celestes tinham um movimento sem início nem fim, um movimento eterno, o movimento circular uniforme. Na Itália, renasceram os antigos sábios da Antiguidade, inicialmente através de traduções comentadas que os árabes<sup>22</sup> fizeram dos originais, mais tarde a partir das obras originais redescobertas pelos sábios renascentistas.

---

<sup>22</sup> Os historiadores mulçumanos são unânimes ao atribuírem o início do movimento de tradução para o árabe ao período dos Abássidas, a terceira dinastia dos califas árabes, que reinou sobre o império mulçumano de 750 a 1250, com capital em Bagdá, no Iraque. *Abu Ja'far Abdallah ibn Muhammad al-Mansur* (712 – 775) foi o segundo califa Abássida e o primeiro a ter livros traduzidos de línguas estrangeiras para o árabe (ALLAN, 2006, 2).



**Figura I-4:** A Esfera Celeste e suas nove divisões: a nona, Primeiro Motor ou Primeiro Móvel; a oitava, o Firmamento; as sete esferas restantes são as dos sete planetas. A maior é a de Saturno, e a menor, a da Lua. Fonte: BOSCO, Johannes de Sacro. *Tractatus de Sphaera* (c.1478), cópia fac similar digital disponível através da Bibliothèque Nationale, de Paris (projeto Gallica), Fol. 2r, obtida através da cópia digital da tradução bilingue de Roberto de Andrade Martins, São Paulo: Universidade de Campinas, 2006. Disponível em: <http://ghhc.ifi.unicamp.br/download/sacrobosco-1476-tra.pdf>.

As estrelas, fixas no Firmamento, estavam organizadas em doze constelações, segundo a imaginação humana, formando imagens que lembravam diversas figuras. Como a capacidade de imaginar é historicamente situada, o astrofísico Carl Sagan<sup>23</sup> exemplificou:

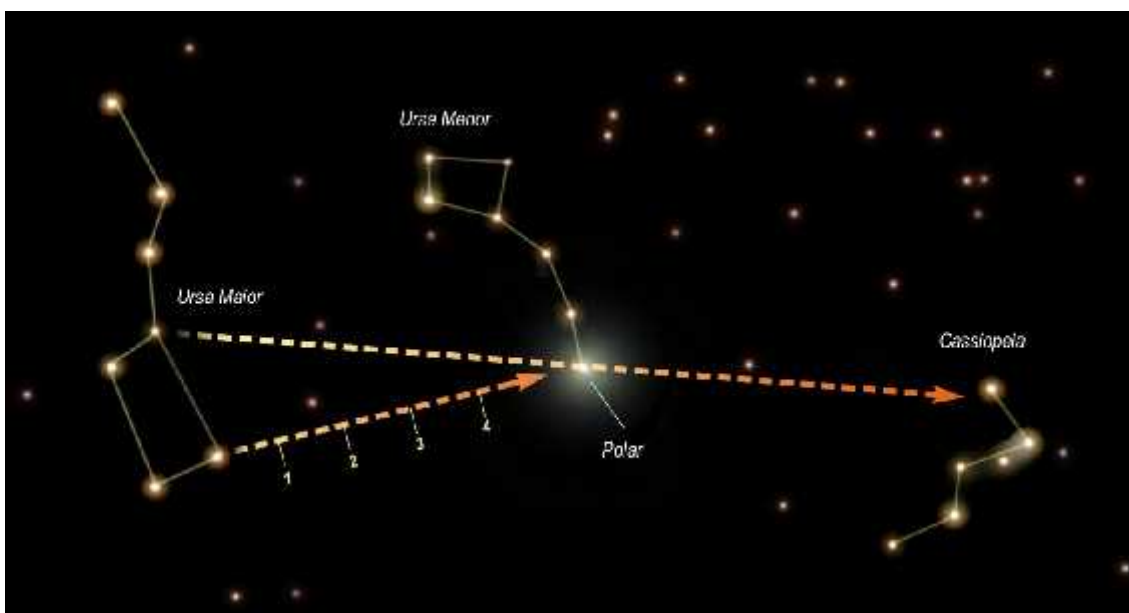
Estes desenhos não são, naturalmente, reais no céu noturno, nós é que os colocamos lá. Fomos caçadores e vemos caçadores e cães, ursos e jovens mulheres, objetos dos nossos interesses. [...] Se as constelações tivessem recebido nomes no século XX, suponho que veríamos bicicletas e refrigeradores no céu, “estrelas” de *rock-and-roll* e talvez até nuvens em cogumelo – um novo grupo de esperanças e receios humanos entre as estrelas.

As doze constelações do Zodíaco estavam dispostas formando um cinturão no céu (Figura I-2). O Firmamento girava eternamente, completando uma volta a cada dia. Ao observador na Terra, imóvel, todas as estrelas pareceriam girar em movimentos circulares uniformes, dando uma volta por dia em torno do eixo de rotação do céu. A única estrela que poderá permanecer praticamente imóvel no céu será uma estrela polar, isto é, uma estrela

<sup>23</sup>SAGAN, 1985, p. 46.

localizada próxima ao ponto do Firmamento que é transpassado pelo seu eixo de rotação. No hemisfério norte existe uma estrela polar<sup>24</sup>, o que não ocorre no hemisfério sul (Figura I-5). O polo visível àquele que habita o hemisfério norte é denominado de polo setentrional, ártico ou boreal. O polo oposto é chamado de meridional, antártico ou austral. Explica Bosco<sup>25</sup>:

[...] *setentrional* vem de *septentrione*, ou seja, da Ursa Menor, que é denominada a partir de *septemtrion*, que é boi; pois as sete estrelas que estão na Ursa Menor se movem lentamente como os bois, porque estão próximas do pólo. Também é chamado de ártico a partir de *arctos*, que é a Ursa Maior, pois ele está perto da Ursa Maior. É chamado de boreal porque está na direção de onde vem [o vento] *boreas*. O pólo oposto é chamado *antártico*, por estar colocado quase contra o ártico. E é chamado *meridional*, porque está na direção do sul [*meridie*]. Também é chamado *austral*, porque está na direção de onde vem o [vento] *auster*.



**Figura I-5:** Para encontrar a estrela Polar a partir da Ursa Maior, prolonga-se cinco vezes o segmento que une as duas estrelas do trapézio da Ursa Maior do outro lado da cauda. (Fonte: [http://nautilus.fis.uc.pt/astro/hu/viaq/outras\\_estrelas.html](http://nautilus.fis.uc.pt/astro/hu/viaq/outras_estrelas.html), em 21/05/2011).

<sup>24</sup>A observação do céu durante os dois últimos milênios mostra que o polo celeste não permanece fixo em uma única posição. Uma trajetória circular é por ele percorrida em 25.800 anos. O polo celeste está atualmente acerca de 1 grau 1 minuto da estrela  $\alpha$  da Ursa Menor, a estrela *Polaris*. Por volta do ano 2.105, a distância de *Polaris* ao polo do céu ficará reduzida a 27 minutos 30 segundos e passará a aumentar desta data em diante. Portanto, a atual estrela polar ainda continuará a sê-lo por vários séculos, até que seja substituída, por exemplo, por  $\gamma$  do *Cepheus* no ano 4.500. Já no ano 14.000, aproximadamente, a polar será a estrela *Vega* e assim por diante.

<sup>25</sup> BOSCO, 1478, 8r.

A esfera que girava e transportava o Sol completava uma volta por ano. A projeção da trajetória do Sol no Firmamento, trajetória aparente, dava ao observador terrestre a impressão de que o Sol percorria as doze constelações do Zodíaco uma vez em cada ano (Figura I-6), retomando uma nova jornada sempre que chegava ao ponto Vernal (ponto  $\gamma$  na Figura I-7), o que determinava, no hemisfério norte, o início da Primavera<sup>26</sup>. A Primavera sucedia ao Inverno, época em que as árvores podiam ter perdido todas as folhas e permanecido apenas com seus galhos, o que teria dado a elas a aparência de seres mortos. Mas quando o Sol, em sua longa jornada através do céu, novamente chegava ao equador celeste, passando do hemisfério sul da esfera celeste para o hemisfério norte, novamente as árvores se cobriam de folhas e flores, como uma vitória da vida sobre a morte. Uma época tão esplendorosa não poderia passar despercebida. Desde a Antiguidade, entre vários povos, ocorriam os festejos para saudar a chegada da Primavera, quando os campos floridos e os dias novamente maiores que as noites voltavam a animar a vida. Os calendários das festas religiosas dos diferentes povos incorporaram esta maravilhosa época. Por exemplo, para os cristãos seria a chegada da Páscoa, quando a vitória da vida sobre a morte seria representada através da Ressurreição de Cristo<sup>27</sup>. A Primavera era época de plantar as favas e o milho, assim como no outono se semeava o trigo<sup>28</sup>. O céu, como um grande relógio, a Máquina do Mundo Universal, como foi chamada por Bosco<sup>29</sup>, determinava a vida na Terra.

O homem, vivendo sobre a Terra, não seria uma exceção. De alguma forma, o céu também deveria influenciar a vida dos seres humanos. Ao nascer, quando recebia a primeira influência da luz solar, a vida humana seria

---

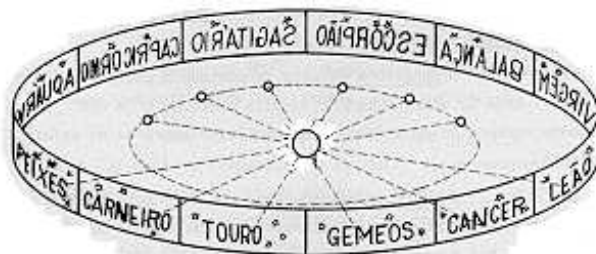
<sup>26</sup>O movimento do polo celeste, e conseqüentemente de todo o Firmamento, faz com que também mude com o passar do tempo a constelação na qual o Sol inicia a sua "visita" a cada uma das casas do Zodíaco. Por exemplo, a Primavera no hemisfério norte da Terra começava quando o Sol chegava em Touro entre 4300 e 2150 a.C., em Carneiro (Áries) entre 2150 a.C. e o ano um. No período que vai do ano um até 2150 d.C., o qual contém a nossa era, é a chegada do Sol à constelação de Peixes, que determina o início da Primavera.

<sup>27</sup> As festas religiosas eram determinadas pelo calendário lunar. No entanto, para comemorar a Páscoa após o início da Primavera, determinada pelo calendário solar, foi estabelecido que a Páscoa seria sempre comemorada no primeiro domingo depois da lua cheia, que ocorre após o dia 21 de março, quando o Sol está no ponto Vernal. Quando a lua cheia ocorre em um domingo, a Páscoa será comemorada no domingo imediatamente a seguir (BOORSTIN, 1989, 21).

<sup>28</sup>BOSCO, 1478, 14r.

<sup>29</sup>BOSCO, 1478, 2v.

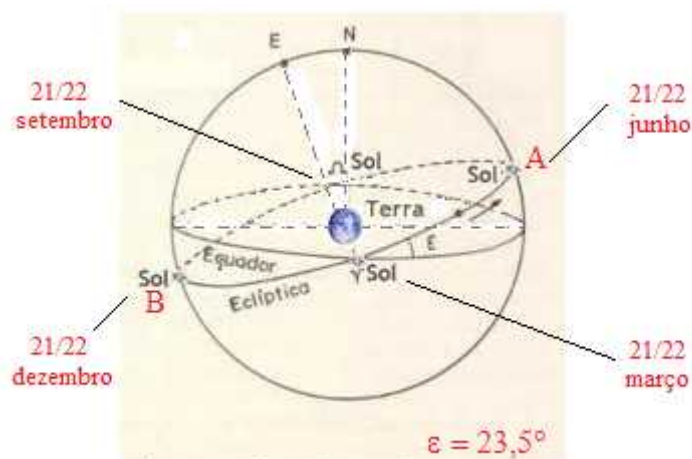
influenciada pela constelação que o Sol estivesse ocupando naquele momento. Tal influência agiria como uma marca, um signo, que permaneceria por toda a vida.



**Figura I-6:** As doze constelações do Zodíaco e o movimento do Sol ao redor da Terra. (Fonte: CANIATO, Rodolpho. *O Céu*, São Paulo: Edart, v.1, 1967.)

O plano imaginário, que passando pela linha do equador divide a esfera celeste em dois hemisférios, não contém a órbita aparente do Sol, que está inclinada de 23,5 graus em relação a esse plano. A trajetória aparente do Sol intercepta o equador em dois pontos:  $\gamma$  e  $\Omega$  (Figura I-7). No hemisfério norte da Terra, quando o Sol aparentemente passa pelo ponto  $\gamma$  da esfera celeste (o ponto Vernal), é o início da Primavera, e quando passa pelo ponto  $\Omega$ , será o início do Outono. O dia e a noite terão a mesma duração em toda a Terra apenas quando o Sol estiver localizado em  $\gamma$  ou  $\Omega$ . No máximo afastamento do equador celeste, quando o Sol ocupa a posição A (Figura I-7), ocorrerá na Terra o maior dia do ano no hemisfério norte e o menor dia no hemisfério sul. Neste dia começa o verão no hemisfério norte e o inverno no hemisfério sul. Da mesma forma, quando o Sol estiver no ponto B, se verificará o início do verão no hemisfério sul e do inverno no hemisfério norte.





**Figura I-7:** Quando o Sol está em A, é o início do verão no hemisfério norte terrestre e inverno no hemisfério sul; estando em B, é o início do verão no hemisfério sul e inverno no hemisfério norte.

Em seu dia a dia, um observador terrestre do Sol percebe que o astro rei surge diariamente no oriente e tem o seu ocaso no ocidente, quando desaparece até surgir novamente no oriente, dando início a um novo dia, período em que a luz do Sol estará presente. A trajetória que o Sol descreve no céu, vista pelo observador terrestre, é um longo arco que se eleva acima da linha do horizonte. No ponto mais alto da trajetória, quando o Sol passa a ter a maior altura em relação ao horizonte, a sombra projetada no solo por uma haste vertical terá o tamanho mínimo e, neste momento, determina sobre o solo um segmento de reta que estará na direção norte-sul. Para os povos que vivem acima da latitude de  $23,5^\circ$ , o que inclui todos os que viveram ao redor do Mediterrâneo, a sombra de uma haste vertical ao meio dia apontará para o norte. Nessa região da Terra, na qual estava contido o berço da civilização ocidental, uma simples haste vertical, que poderia ser um cajado, servia para nortear um viajante. Durante a noite, seria a estrela polar usada para nortear.

Como podemos notar, a sombra de uma simples haste serviu para dividir um dia<sup>30</sup> ao meio. Tal fato era fundamental para organizar as sociedades. Por exemplo, de que adiantaria preparar a comida que alimentaria um grupo de pessoas que estava afastado do local onde se preparavam os alimentos se o grupo não retornasse no momento ideal para que a comida fosse servida? O nosso hábito de fazer refeições ao meio dia provavelmente teve sua origem na

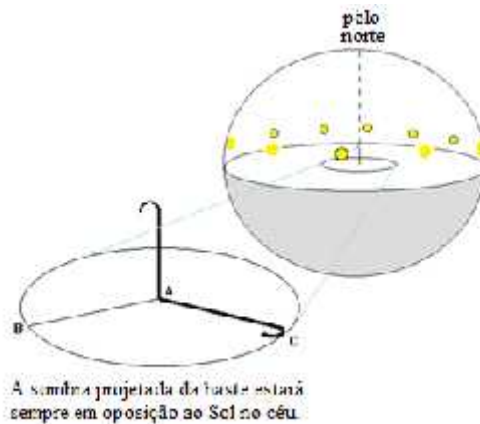
<sup>30</sup>Considera-se aqui o dia como o tempo em que o Sol permanece acima da linha do horizonte.

fácil percepção que todos poderiam ter do momento em que o Sol estava no seu ponto mais elevado, ou quando as sombras eram mínimas. A divisão do dia em horas estabeleceu outro nível de organização. Os soldados romanos, no tempo do Imperador Valentiniano I (364-375), eram instruídos a marchar “à média de 20 milhas em 5 horas de Verão”<sup>31</sup>. Mas como o dia no verão é mais longo que o dia no inverno, e para os romanos a hora era sempre 1/12 do período em que se tinha a luz do dia, concluímos que, para os romanos, a hora era uma unidade de tempo elástica. As “horas verdadeiras”, como as conhecemos hoje, apenas no século XVI foram utilizadas nos relógios solares<sup>32</sup>. O movimento da sombra projetada de uma haste sobre a superfície de um relógio solar poderá ser análogo ao deslocamento angular do Sol no céu. Para que se possa entender como funciona o relógio solar, imagine um viajante que, norteado pelo seu cajado, seguisse em uma longa viagem até o polo norte terrestre. Lá chegando, espetando o cajado na neve para observar a direção da sua sombra ao meio dia, teria uma surpresa. A sombra do cajado, que durante toda a viagem apontou para o norte, ali teria um comportamento diverso. No polo, o Sol gira a uma mesma altura acima do horizonte durante um mesmo dia, portanto a sombra nunca terá um tamanho mínimo durante o dia (Figura I-8). No polo, se o deslocamento angular diário da sombra do cajado for dividido em 24 partes iguais, a fração 1/24 do deslocamento angular da sombra se fará no intervalo de tempo de uma “hora verdadeira”. No entanto, se o nosso viajante imaginário desejar transportar o seu relógio solar para locais com latitudes inferiores a 90°, deverá tomar o cuidado de sempre manter a haste do cajado apontando para o polo norte celeste ou, para facilitar, para a estrela polar (Figura I-9).

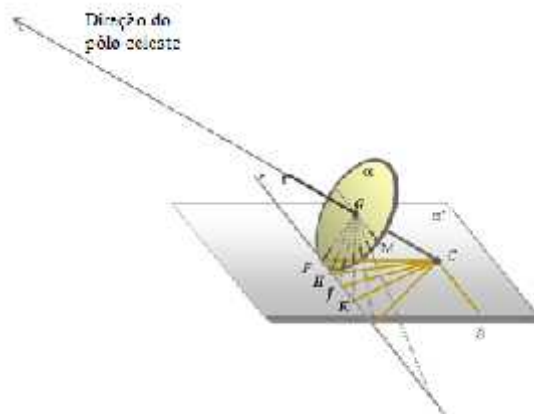
---

<sup>31</sup>BOORSTIN, 1989, p. 40.

<sup>32</sup>BOORSTIN, 1989, p. 39.

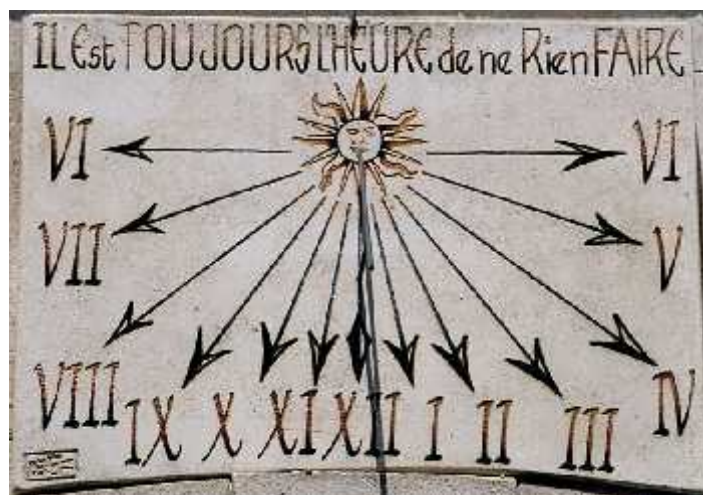


**Figura I-8:** A sombra de uma haste vertical projetada no solo descreve um movimento análogo ao Sol durante um dia. A divisão da circunferência determinada pela extremidade da sombra em 24 partes iguais determinará, sobre o solo, um relógio solar capaz de medir as “horas verdadeiras” do dia.



**Figura I-9:** No plano perpendicular ao eixo que aponta para o polocelste, a sombra projetada tem deslocamentos angulares idênticos a cada hora. Porém, para um relógio de sol onde a sombra seria projetada em um plano horizontal, o deslocamento angular da sombra projetada será diferente a cada hora. (Fonte da imagem: <http://sombrasdotempo.org/constr/horizontal>. Em 01/06/2011).

No século XVI, o relógio solar já ocupava uma posição privilegiada em paredes das torres nas principais praças nas cidades da Europa. Como a haste que aponta para o polo norte no relógio solar de parede projeta sua sombra sobre um plano vertical, que não será perpendicular à direção da haste, se verificará nesse caso que a sombra não percorre ângulos iguais a cada hora. No relógio de sol de parede, os ângulos que separam as diversas horas não são todos iguais (Figura I-10).



**Figura I-10:** Relógio solar de parede localizado na França, em Saint-Rémy-de-Provence, na região administrativa da Provença-Alpes-Costa Azul. O relógio, que veio para dividir o dia e escravizar o homem ao tempo, expõe nos dizeres escritos em francês sobre o mostrador um desabafo de um escravo revoltado que sempre encontrará tempo para fazer nada. (Fonte: Wikipedia Commons, cujo acervo pode ser usado por outros projetos. Em27/05/2011).

Os pontos da Terra que em um mesmo meio dia se observa o Sol com uma mesma altura em relação ao horizonte estarão localizados sobre uma mesma direção paralela à linha do equador terrestre, que se estende do leste para o oeste. Essas linhas, que atualmente denominamos de paralelos terrestres, poderiam servir para organizar as rotas comerciais terrestres que interligavam as principais cidades. No Tratado da Esfera, Bosco divide a Terra em nove regiões distintas, limitadas por linhas paralelas ao equador terrestre, como mostra a Figura I-11. O critério utilizado por Bosco para delimitar as regiões foi a duração do maior dia do ano. Em cada uma das regiões, um mesmo dia durante o ano teria praticamente a mesma duração. Os habitantes de uma mesma região observariam, ao meio-dia, o Sol elevado acima da linha do horizonte com inclinações praticamente iguais, o que correspondia a dizer que todos estavam em uma região de mesmo “clima”<sup>33</sup>. Próximas ao equador e aos polos terrestres existiriam duas regiões distintas das demais. Na opinião de Bosco<sup>34</sup>, ao redor do equador, por terem o dia e a noite praticamente a mesma duração durante todo o ano, teríamos ali uma região de grande insolação anual

<sup>33</sup>No Tratado da Esfera, a palavra *clima* tem o significado de inclinação, isto é, uma mesma altura em relação ao horizonte. O leitor não deverá confundir com a atual conceituação que se dá a esta palavra. Para prevenir o leitor de tal confusão, a palavra *clima* será mantida no texto entre aspas.

<sup>34</sup>BOSCO, 1478, p.23v.

e onde não seria possível viver. Na região próxima aos polos da Terra também seria difícil viver devido ao frio extremo. Em latitude superiores à dos círculos polares, 66 graus 34 minutos, os “dias”<sup>35</sup> no verão são muito longos, podendo chegar a ter a duração de vários dias até um período máximo de 6 meses no polo terrestre. Da mesma forma, no inverno, ali se verificam longas noites. Em resumo, as regiões próximas do polo ou do equador apresentariam condições ruins para serem habitadas.



**Figura I-11:** O hemisfério norte da Terra e as sete regiões habitáveis. Fonte: BOSCO, Johannes de Sacro. *Tractatus de Sphaera* (c.1478), cópia fac similar digital disponível através da Bibliothèque Nationale, de Paris (projeto Gallica), Fol. 24r, obtida através da cópia digital da tradução bilíngue de Roberto de Andrade Martins, São Paulo: Universidade de Campinas, 2006. Disponível em <http://ghtc.ifi.unicamp.br/download/sacrobosco-1476-tra.pdf>.

A primeira região habitável, a partir do equador, iniciava onde a inclinação da estrela Polar acima do horizonte é de 12° (latitude) e terminava onde era de 20°. Trata-se da região de “clima” de *Meroe*, onde o valor do dia mais longo do ano variava entre 12h 45min, mais próximo do equador, até 13h 45min. Com este mesmo critério, Bosco dividiu mais seis regiões de mesmo “clima”, como mostra a Figura I-11. As denominações das regiões de mesmo “clima”, à medida que se afastavam do equador, eram denominadas considerando uma das importantes cidades que existissem na região: *Meroe* (16°N), *Syene* (24°N), *Alexandria* (31°N), *Rhodes* (36°N), *Roma* (41°N), *Boristenes* (46°N), *Ripheon* (48°N). Informou Bosco<sup>36</sup>:

Além do fim deste sétimo clima [além de 50,5° de latitude], pode haver um certo número de ilhas e de habitações humanas, no entanto seja o que houver lá, como as condições

<sup>35</sup>A palavra dia está entre aspas porque, nessa região, um “dia” pode ter a duração de vários dias ou meses.

<sup>36</sup> BOSCO, 1478, 25v.

de vida são ruins, não é contado como clima. Portanto, a diferença total entre o limite inicial dos climas e seu fim é de 3 horas e meia, e de elevação do pólo sobre o horizonte de 38 graus.

## I.4 Conclusão

Após este breve estudo sobre os saberes que se procurava ensinar àqueles que estudavam o Tratado da Esfera, poderemos chegar à conclusão de que esta obra não se destinava apenas aos matemáticos e filósofos. O conteúdo da obra teria sido escrito para leitores pragmáticos, comerciantes, viajantes, assim como todo aquele que precisava organizar sua vida na Terra.

O Tratado da Esfera, impresso em Veneza 25 anos após a queda de Constantinopla, passou a ser fundamental à formação daqueles que se lançariam no oceano Atlântico, como fizeram os portugueses, em uma das maiores aventuras humanas em busca de novas rotas comerciais com o oriente. A Aula da Esfera, como era conhecida em Portugal, seria necessária a todos que participaram do projeto de transbordamento dessa pequena nação que, utilizando pequenas caravelas, se lançou a mares nunca antes navegados, dobrou o mundo imaginado plano, e o fez esférico.

As longas rotas comerciais modificaram não apenas a imagem que o homem fazia do seu mundo, mas também a imagem que fazia de si mesmo. Por tal transição pela qual passou a Europa ocidental, o *espaço grego*, formado por pontos distintos, pouco a pouco cedeu lugar ao espaço homogêneo<sup>37</sup>, que se prolonga indefinidamente em todas as direções. Inicialmente, o Universo esférico e finito, cujo centro era ocupado pela Terra, um ponto distinto de todos os demais pontos da esfera, deixa de ser geocêntrico e passa a ser heliocêntrico. Tal modificação foi proposta por Copérnico na sua obra *De Revolutionibus Orbium Coelestium*, de 1543, em cujo prefácio ele afirma:

[...] pensei que também me fosse facilmente permitido experimentar se, uma vez admitido algum movimento da Terra, poderia encontrar demonstrações mais seguras do que as

---

<sup>37</sup>LOSEE, 2000, p. 65.

deles [os antigos filósofos] para as revoluções das esferas celestes<sup>38</sup>.

O movimento da Terra em um universo heliocêntrico é proposto por Copérnico como um astrônomo que busca resultados mais precisos a partir de um modelo teórico que não deverá ser considerado como uma representação da realidade. Mas Copérnico afirma, no lugar de sugerir, que a Terra não é o centro do universo:

Portanto, como nada se opõe a que a Terra se mova, proponho que se veja [agora] se pode ter ainda mais movimentos, de modo a poder ser considerada como um planeta.

Que ela não é efetivamente o centro de todas as revoluções mostram-no o movimento não uniforme e aparente dos planetas e as distâncias variáveis deles à Terra. Estes fenômenos não se podem explicar com círculos concêntricos com a Terra<sup>39</sup>.

Copérnico propõe que a Terra passe a ser assemelhada aos planetas que girariam ao redor do Sol, imóvel no centro do mundo. A nova maneira de imaginar o mundo entrava em contradição com a Escritura Sagrada, que mencionava um Sol em movimento e uma Terra fixa. Mesmo antes da publicação do *De Revolutionibus*, Martinho Lutero ouviu falar a respeito das ideias de Copérnico e as condenou violentamente, por contradizerem a Bíblia<sup>40</sup>. A Igreja Católica Apostólica Romana aceitaria o novo modelo proposto apenas como uma hipótese que tinha por finalidade tornar os cálculos astronômicos mais simples e permitir a confecção de calendários mais precisos. Em 1582, o papa Gregório XIII ordenou que ao dia 4 de outubro se seguisse o dia 15 de outubro, o que se tornou necessário para que o Sol voltasse a passar pelo ponto Vernal no dia 21 de março. Pelo simples fato de a reforma do calendário ter vindo de Roma, a Inglaterra protestante e, mais tarde, as colônias americanas protestantes também se recusaram a aceitar a nova norma, o que somente ocorreu em 1752<sup>41</sup>. Um caso ainda mais curioso sucedeu na Rússia, onde o Calendário Gregoriano só foi adotado após a Revolução Bolchevique de 1917 que, por esta razão, é tradicionalmente chamada de Revolução de

---

<sup>38</sup>COPÉRNICO, 1984, p. 9.

<sup>39</sup>COPÉRNICO, 1984, p. 45.

<sup>40</sup>COHEN, 1967, p.57.

<sup>41</sup>BOORSTIN, 1989, pp. 22-23.

Outubro, embora tenha ocorrido em novembro, de acordo com o calendário ocidental. A condenação formal do heliocentrismo pela Igreja Católica, é bom salientar aqui, só viria a dar-se em 1633, ou 90 anos depois do aparecimento de *De Revolutionibus*, quando do segundo processo contra Galileo, ao passo que a mesma condenação do livro pelos líderes protestantes ocorrera pouco depois da publicação da obra de Copérnico. Aliás, quando da elaboração do novo Calendário Gregoriano, em 1582, os astrônomos do Vaticano utilizaram as tabelas astronômicas de Copérnico, que era assim tacitamente reconhecido pela Igreja como autoridade em Astronomia, não obstante o que viria a ocorrer no futuro.

Uma Terra imaginada em movimento criava problemas insolúveis para a física aristotélica. Uma nova Física se fez necessária, a qual foi construída por Kepler, na Boêmia, Galileu, na Itália, por Descartes, na França e, finalmente, sintetizada por Newton, na Inglaterra. Copérnico, apesar de não ter sido capaz de explicar o movimento dos corpos em uma Terra em movimento, propôs o sistema do mundo que iniciou uma grande revolução na Física.

A ciência moderna foi uma invenção humana que tentou uma apropriação da natureza através de uma representação imaginada em um espaço, homogêneo e infinito, e de um tempo homogêneo e contínuo, que poderia ser dividido em infinitas partes e medido, como faziam os astrônomos. Ao imaginar um novo mundo, homogêneo e sem lugares privilegiados e distintos dos demais, o homem moderno criou um saber que seria proibido de ser ensinado em muitas nações, assim como todos os outros saberes que o tornavam evidente.





## **CAPÍTULO II**

# **HOMEM ARMADO, MODERNO EM DIFERENTES ÉPOCAS.**

### **II.1 Introdução**

A matéria sempre ocupa lugar no espaço. Mas a matéria que vive não poderá existir em qualquer lugar do espaço. A vida que se estabelece em determinado local depende da capacidade dos seres vivos de se adaptarem ao meio. Assim sendo, as diferentes espécies de animais que se movimentam no planeta se fixaram nas regiões às quais melhor se adaptaram. No entanto, a espécie humana pode ser encontrada em qualquer lugar da superfície da terra. O homem, diferente dos demais animais, além de se adaptar ao meio, aprendeu a construir ferramentas e com elas interferir e modificar as condições do meio ambiente. Inicialmente, com peles vestiu seu corpo e com o auxílio do fogo criou microclimas mais adequados a sua sobrevivência em determinado local. Entre as ferramentas, as armas sempre lhe foram de grande importância, tanto para a caça como para a guerra.

A capacidade humana de imaginar e criar o novo tornou o homem moderno em diferentes épocas. Entre as diversas possibilidades de modernidade, a criação de armas deu a ele uma poderosa ferramenta política que permite que determinado grupo social imponha seus interesses aos demais. Como um animal frágil que nem sempre pode se impor em um confronto corpo a corpo, o homem fez das armas de arremesso uma importante ferramenta que lhe permitiu lançar projéteis no ar com o objetivo de ferir um alvo distante. O lançamento de uma pedra, utilizando uma funda, ou de uma lança, ou mesmo de uma flecha com o auxílio de um arco, são exemplos das primeiras armas de arremesso. Em diferentes épocas, o homem moderno se imaginou poderoso e antecipou sua potência, se fez prepotente.

O conflito de interesses, associado ao desequilíbrio de forças, poderá produzir um estado de guerra. A paz é incompatível com tal desequilíbrio<sup>42</sup>. As armas modernas, em diferentes épocas, sempre se mostraram úteis para estabelecer o equilíbrio ou o desequilíbrio de forças entre grupos antagônicos.

As técnicas necessárias para a fabricação das armas que fizeram o homem moderno, em diferentes épocas, serão estudadas nesse capítulo. Primeiro estudaremos as técnicas de fundição que permitiram a modernização das armas brancas. A seguir, estudaremos o desenvolvimento das técnicas que transformaram o fogo em uma arma, a arma de fogo. Por último, serão estudados o canhão e a espingarda. Um longo e necessário capítulo que inicia com um corte temporal muito grande, focalizando inicialmente o homem que se fez prepotente diante do poder que lhe é concedido pelas armas, e que pouco a pouco irá se estreitando e objetivando o conhecimento técnico dos portugueses referente às armas, até que finalmente se chegará ao final do século XVII. O estudo das técnicas que fizeram surgir armas modernas poderão nos ajudar a entender este tipo diferente de modernidade, que permite que em determinada época certos povos que se tornaram modernos possam impor seus interesses àqueles que se tornaram obsoletos.

---

<sup>42</sup>ALVES, 1959, p. 11.

## II.2 As armas brancas

### II.2.1 A questão de Needham

Joseph Needham (1901-1995) foi um bioquímico de formação que viveu praticamente todo o século XX. Em 1937, na universidade de Cambridge, Needham teve a oportunidade de pesquisar e trabalhar com pesquisadores chineses, como *Lu Gwei-Djen*, *Shen Shih-Chang* e *Wang Ying-Lai*. Após dois ou três anos, o grupo foi desfeito. *Lu Gwei-Djen* e *Shen Shih-Chang* seguiram para a América, e *Wang Ying-Lai* retornou para a China. Em 1957, *Lu Gwei-Djen* retornou para Cambridge, onde permaneceu como pesquisadora até o seu falecimento em 1991. A convivência com esses jovens pesquisadores chineses conduziu Needham à suspeita de que a civilização chinesa em muito contribuiu para a ciência medieval e novas técnicas, as quais, como rios, convergiram para o oceano da ciência moderna. Em 1948, escreveu, com a colaboração de *Wang Ling*, um livro que foi publicado em 1954, o qual deu início a uma longa série com mais de 20 volumes denominada *Science and Civilisation in China*.

A China, geograficamente, é uma concepção fluídica durante o longo período da sua história, mas Needham partiu dos seus traços culturais para identificar o que chamou de povo chinês, assim como o que considerou civilização chinesa<sup>43</sup>. Da mesma forma, conceituou o que denominou de ciência, dividindo-a em três níveis, de acordo com o longo espaço de tempo coberto em seu estudo. O primeiro, a proto-ciência, corresponderia àquela que era encontrada na antiga Babilônia. O segundo nível, a ciência medieval, estaria relacionada à que existiu na China até 1700 e na Europa antes de 1500, aproximadamente. O terceiro corresponderia à ciência internacional, a qual não deveria ser reconhecida como ciência moderna ocidental<sup>44</sup> pois, apesar de ter começado na Europa, também pode ser vista como dependente dos povos orientais. Ele insiste na metáfora de que a ciência moderna se assemelha a um oceano onde todos os rios que chegam das diversas civilizações do mundo

---

<sup>43</sup>NEEDHAM, 2010, p.200.

<sup>44</sup>NEEDHAM, 2010, p.201.

despejam suas águas. Segundo Needham<sup>45</sup>, a ciência moderna se tornou distinta de toda ciência que antes dela existiu porque ela consiste em duas coisas: a matematização das hipóteses que se referem à Natureza; e em contínuos e implacáveis experimentos.

A maneira como Needham conceitua e classifica o que considera ciência nos ajuda a ter um melhor entendimento sobre o uso que faremos nesta Tese das palavras técnica e tecnologia. As técnicas modernas às quais são incorporados os conhecimentos empíricos de origem científica aparecem durante o Renascimento<sup>46</sup>, quando as soluções de novos problemas técnicos são dadas através do uso de conhecimento científico obtido pela experiência direta. No entanto, para Vargas<sup>47</sup>,

[...] a tecnologia somente pode ter vigência depois do estabelecimento da Ciência moderna, principalmente pelo fato dessa cultura ser um saber que, apesar de teórico, deve necessariamente ser verificado pela experiência científica.

Para Vargas, foi apenas na segunda metade do século XVIII que se desenvolveu a engenharia como aplicação de conhecimentos científicos nas construções de obras, fabricação de utensílios e extração e preparação de materiais. Na segunda metade do século XIX, irá surgir o que será chamado por ele de Tecnologia, um estudo de teorias e métodos que procurava

[...] descrever, de maneira interpretativa, as técnicas, os processos técnicos, as maneiras de preparação e fabricação de produtos industriais, a extração e manipulação de materiais utilizados pela engenharia, além das formas de organização econômica do trabalho técnico<sup>48</sup>.

A conceituação de Vargas sobre Tecnologia, uma área de estudo, pesquisa e aplicação de saberes, é limitada e não abrange as diversas maneiras como essa palavra é empregada em diversos textos. A técnica poderá estar agregada a uma ciência que necessariamente não é a moderna.

---

<sup>45</sup>NEEDHAM, 2010, p.202.

<sup>46</sup>VARGAS, 1994, p.15.

<sup>47</sup>VARGAS, 1994, p.16.

<sup>48</sup>VARGAS, 1994, p.16.

Logo, enquanto a palavra Tecnologia<sup>49</sup> não se aplica a nada anterior ao século XIX, segundo Vargas, a mesma palavra, nesta Tese, terá um espectro bem mais amplo, considerando os diversos níveis da ciência definidos por Needham. Ela poderá ser utilizada para diferentes épocas, mesmo anteriores ao século XIX, como fazem os autores ingleses com o termo *technology*. Após conceituar a forma como a palavra tecnologia será empregada nesta pesquisa, pode-se retornar à Questão de Needham.

Em 1930, a China era vista no Ocidente como um país estagnado, onde pouco tinha mudado em mil anos. No entanto, quando pensamos nas grandes invenções como aquelas que foram capazes de reproduzir grandes modificações na humanidade, não podemos deixar de lado a bússola, a pólvora e a imprensa, todas elas invenções chinesas. Logo, como pensava Needham, algo deveria estar errado. A ciência e a civilização chinesas precisavam ser mais bem estudadas. No entanto, na década de noventa, Needham constatava que muitos engenheiros ainda não sabiam que a Europa seguiu a China. Em sua opinião<sup>50</sup>, esta situação irá persistir até que a história da ciência se torne um conteúdo regular estudado nas escolas. Não há outro caminho para que se possa dar aos saberes da China o justo valor. Em 1954, eram apenas 35 o número máximo de invenções mecânicas e outras técnicas que eram consideradas de origem chinesa. Essa lista, porém, poderia aumentar se incluíssemos ideias teóricas e práticas, ou mesmo invenções que nunca deixaram a China, como o grande relógio astronômico inventado por *Su Sung* e que, em 1090, já estava pronto. No entanto, como afirmou Daniel Boorstin<sup>51</sup>, na China as circunstâncias conspiravam para evitar a publicidade. Enquanto na Europa o relógio ocupou a torre da praça central, ou da igreja, na China ele era um instrumento astronômico de uso particular do imperador. O calendário, recriado para cada novo imperador, tornava o relógio um instrumento de uso privado do imperador e, por questão de segurança, os funcionários da astronomia não conviviam com os funcionários públicos e o povo comum em geral. Forjar o calendário ou utilizar um calendário não autorizado era crime de

---

<sup>49</sup>A palavra “tecnologia” é cunhada na Alemanha no final do século XVIII e imediatamente introduzida ao português por José Bonifácio de Andrada e Silva, que lá estava em viagem de estudos, em 1801. (LANDGRAF, TSHIPTSCHIN, GOLDENSTEIN; 1994, p.118).

<sup>50</sup>NEEDHAM, 2010, p.205.

<sup>51</sup>BOORSTIN, 1989, p.80.

lesa majestade. Sendo assim, o famoso mecanismo de relógio celeste de *Su Sung* não poderia ter sido construído por quem não fosse um alto funcionário imperial, autorizado a ajudar o imperador a examinar os destinos astrológicos. No entanto, quando em 1094 um novo imperador ascendeu ao poder, o mecanismo do relógio celeste de *Su Sung* se transformou em sucata, uma fonte de bronze, e foi assim apagado da memória dos eruditos.

A história do progresso da ciência e da tecnologia na China corresponde a um período superior a 4000 anos, sem interrupções. Na década de noventa, a lista de invenções chinesas feitas por Needham já ultrapassava 250 e certamente irá aumentar ainda mais, considerando o material que será incluído em outros volumes de *Science and Civilisation in China*, que ainda serão publicados<sup>52</sup>.

O aparecimento, na Europa, das técnicas para a obtenção do aço, correlatas às técnicas chinesas, em tão curto período de tempo, é algo que Joseph Needham considera no mínimo um fato suspeito, apesar de não ser uma evidência direta da transferência de conhecimento da China para Europa.

A possibilidade da transmissão de um grande número de técnicas da China para o Ocidente conduziu Needham à questão: Por que aquilo que hoje definimos como ciência moderna não teve a sua origem na China?<sup>53</sup> Mesmo que não faça parte do escopo deste trabalho buscar uma resposta para esta questão, não podemos deixar de considerar a sua importância. Como evidenciou Jack Goody no seu livro intitulado *O Roubo da História*<sup>54</sup>, a questão de Needham procura evidenciar quanto uma postura eurocêntrica nos impede de ter uma melhor visão sobre a história das ciências e das técnicas.

## II.2.2 O poder outorgado pela espada

Ao confeccionar suas armas, o homem sempre procurou utilizar os materiais e métodos mais modernos para uma determinada época, uma atitude

---

<sup>52</sup>NEEDHAM, 2010, p. 224.

<sup>53</sup>NEEDHAM, 2010, p. 199.

<sup>54</sup>GOODY, 2008.

fundamental para que a arma se tornasse um instrumento de poder. A pedra forneceu o material para que fossem confeccionadas as primeiras armas, e entre elas as de ponta e corte se mostraram as mais eficientes. A descoberta das técnicas necessárias para se retirarem das rochas os metais e, com eles, produzir ligas, fez surgir novos materiais que criavam uma nova modernidade de armas, enquanto levavam as antigas à obsolescência. A cada nova matéria prima descoberta, se procurava esgotar todas as possibilidades que ofereciam na confecção de novos utensílios, que em sua maior parte não eram armas. A infinidade de novos objetos feitos de um mesmo e novo material, que surgiam a partir de determinada época, fez surgir novas eras na história da humanidade. Inicialmente foi a pedra lascada e, a seguir, a polida, matéria-prima dos utensílios do homem primitivo. Com a descoberta do cobre, surgiu uma nova era que foi sucedida pela do bronze, que não era um metal puro como o cobre, mas uma liga metálica obtida com cobre e estanho.

O bronze foi para a Antiguidade o que o plástico é para os tempos modernos. Com diferentes proporções de estanho e cobre, se fazia do bronze<sup>55</sup> uma liga com diferentes propriedades. O estanho faz a liga endurecer. O cobre faz a liga ter mais elasticidade. Os artesãos da fundição deveriam procurar, por tentativas e erros, para cada uso que se dava ao bronze, a melhor proporção de cobre e estanho na liga. Para as lâminas das espadas, o bronze deveria ser rígido e flexível, isto é, possuir duas propriedades antagônicas que tornavam a fabricação de boas espadas impossível. Mas a solução para o problema da produção de boas lâminas de espada caiu do céu, como uma dádiva dos deuses. Os meteoros traziam consigo um novo tipo de matéria prima para a fabricação de espadas: o ferro. Na Terra, o ferro é um metal abundante, mas precisa ser retirado do interior do minério onde se encontra como um óxido de ferro. Para extraí-lo das rochas, os fundidores precisaram aprender a fazer novos fornos capazes de aquecer o minério com a queima do carvão a temperaturas superiores àquelas praticadas na fundição do bronze. As pesquisas arqueológicas encontraram evidências de que há muito tempo, por

---

<sup>55</sup>O seu ponto de fusão varia entre 900°C e 1000°C.



volta de 2700 a.C., alguns objetos de ferro já eram produzidos. No entanto, para Joseph Needham, a Era do Ferro não começou antes de 1200 a.C.<sup>56</sup>.

O uso de uma nova matéria-prima não significava o abandono daquela que se usava anteriormente. Por vários séculos, houve uma sobreposição da era do bronze e do ferro<sup>57</sup>. Uma nova técnica não significava a interrupção abrupta do uso da técnica anteriormente empregada no mesmo fazer. Assim sendo, não é possível estabelecer uma data para o fim de uma era e início de outra. No lugar de uma fronteira temporal bem definida, localizamos uma região de transição onde durante certo intervalo de tempo as duas eras se sobrepõem e, pouco a pouco, uma cederá sua posição à outra.

O metal ferro combinado com um não metal, geralmente o carbono, forma uma liga extraordinária, que poderá ter uma infinidade de propriedades que não dependem apenas da presença do metal ou dos não metais, mas também da sua história. A história de uma liga de ferro será formada pela sucessão de tratamentos a que foi submetida até chegar a uma forma final<sup>58</sup>. Portanto, será possível obter uma infinidade de diferentes ligas de ferro, com diferentes propriedades.

Os textos escritos por artesãos anteriores ao século XVIII são raros e, nos poucos existentes, seus autores geralmente são nebulosos. No século XVI, foram escritos dois textos que tratam da metalurgia: a *Pirotechnia*, de Vannoccio Biringuccio<sup>59</sup> (1540) e *De Re Metallica*, de Georgius Agrícola<sup>60</sup> (1556). No conjunto, as duas obras assumiram uma grande importância por quase dois séculos. A *Pirotechnia* trata principalmente do saber necessário àquele que irá fabricar armas de fogo, enquanto *De Re Metallica* trata de

---

<sup>56</sup>NEEDHAM, 1964, p.3.

<sup>57</sup>NEEDHAM, 1964, p.2.

<sup>58</sup>NEEDHAM, 1964, p.9.

<sup>59</sup>Vannoccio Biringuccio nasceu na Itália, Siena (c. 1480). Ainda jovem, foi enviado à Alemanha, sob o patrocínio de Pandolfo Petrucci (1450-1511), o ditador de Siena, para estudar as tecnologias empregadas em metalurgia e na confecção das armas. Ao retornar de sua viagem de estudo, como fundidor e armeiro, assumiu uma série de cargos em Siena, Parma, Ferrara e Veneza. Em 1530, retornou para Siena e assumiu o cargo de diretor do arsenal do papa Paulo III e faleceu em 1539. (Fonte: [www.britannica.com](http://www.britannica.com). Em 19/09/2012).

<sup>60</sup>Georgius Agricola nasceu em Glaucha, uma cidade na região da Saxônia (Alemanha). Em Pádua, se graduou em medicina em 1526, mas a sua paixão sempre foi o estudo da geologia, uma ciência de que atualmente lhe é atribuído o título de fundador. Faleceu na Saxônia, na cidade de Chemnitz, em 21 de novembro de 1555. (Fonte: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org). Em 19/09/2012).

muitos outros assuntos, próprios da metalurgia, mas também das técnicas utilizadas para produzir o ferro e o aço, que seriam fundamentais para o ferreiro fabricante de armas brancas.

A primeira técnica de produção do ferro que Agrícola descreveu é uma das mais antigas e foi utilizada por diversos povos. Com apenas um pequeno forno ventilado, semelhante a uma forja, o ferreiro poderia produzir o ferro necessário aos seus afazeres (Figura II-12)<sup>61</sup>.

---

<sup>61</sup>AGRICOLA, 1950, p.420.



A—HEARTH. B—HEAP. C—SLAG-VENT. D—IRON MASS. E—WOODEN MALLETS.  
F—HAMMER. G—ANVIL.

**Figura II-12:** Na Europa, a mais antiga técnica que os primeiros fundidores utilizavam para obter o ferro “puro” a partir do minério de ferro fazia uso de pequenos fornos ventilados (Fonte: AGRICOLA, Georgius. *De Re Metallica*. Translated from the first Latin edition of 1556 by Herbert Clark Hoover and Lou Henry Hoover, Dover Publications, New York, 1950, p.422).

O forno (**A**) poderia ser construído com a forma geométrica de um paralelepípedo com 3,5 pés de altura (1 metro) e 5 pés (1,5 metro) de comprimento e largura e, no seu interior, teria um vaso refratário de 1 pé de profundidade (cerca de 30 centímetros) e 1,5 pé (45 centímetros) de comprimento e largura, mas se necessário fosse poderia ser mais amplo. Com um forno com essas dimensões e utilizando-se um bom minério, segundo Agrícola<sup>62</sup>, seria possível obter em cada fornada uma massa de ferro de 2 ou 3 *centumpondia*<sup>63</sup>, isto é, entre 65kg e 98kg.

Para dar início ao processo, o forno precisava ser carregado com o minério acompanhado do carvão e cal virgem (**B**). No entanto, existia uma maneira correta de carregar o forno. Primeiro a rocha deveria ser triturada e reduzida a pequenos pedaços. Para arrumar a carga no interior do forno, antes se colocava uma camada de carvão e, a seguir, com uma pá, se despejava sobre o carvão os pedaços do minério triturado misturados com cal virgem<sup>64</sup>. Para que todo o minério necessário fosse colocado no forno, geralmente seria necessário repetir o mesmo procedimento por diversas vezes, colocando as camadas sempre na mesma ordem.

Após ter o forno carregado, seria o momento de pôr em chamas o carvão. O fogo deveria ser estimulado pelo vento dos sopradores durante um período de 8 a 10 horas (às vezes 12 horas) até que finalmente ocorreria a fusão da escória<sup>65</sup>. O orifício localizado na parte mais baixa do forno (**C**) deveria ser aberto para que a escória fluísse para fora, deixando para trás, no interior do forno, uma massa “pastosa” e incandescente onde o ferro estava impuro por estar misturado à escória. Para iniciar a purificação do ferro, o mestre e seu ajudante retirariam do forno a massa incandescente, colocando-a sobre o solo (**D**). Com o auxílio das pesadas marretas de madeira (**E**), a martelavam para dela retirar a escória que, ao esfriar, formava uma sólida casca na superfície da massa incandescente. Para prosseguir a purificação, o

---

<sup>62</sup>AGRÍCOLA, 1950, p.421.

<sup>63</sup>O *centumpondia* é uma antiga unidade romana de massa que corresponde a 32,7kg.

<sup>64</sup>Agrícola não faz nenhuma referência a proporções ou a valores das massas que deveriam ser utilizadas na composição da carga.

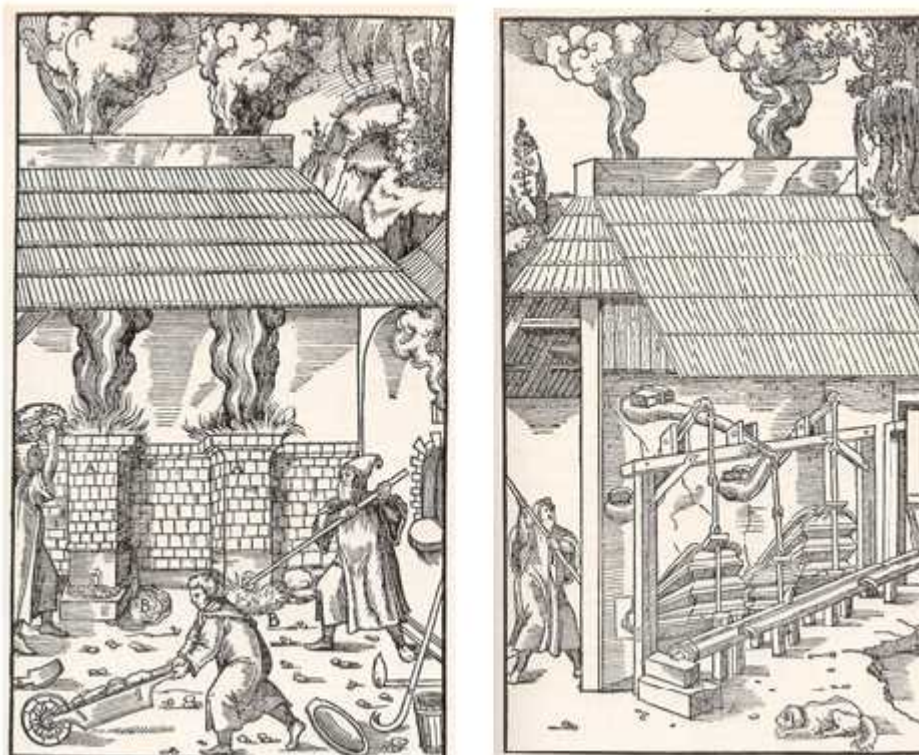
<sup>65</sup>Na Antiguidade, a temperatura no interior do forno dificilmente ultrapassaria 850 °C. Porém, no final da Idade Média, ela já chegava a 950°C. A esta temperatura, a única coisa que de fato se tornava líquida na carga do forno era a escória (NEEDHAM, 1964, p.11).

ferro ainda impuro deveria ser colocado sobre a bigorna (**G**) para ser longamente golpeado pelo pesado martelo (**F**) movido por uma roda d'água. E assim se retiraria a escória que ainda existia no interior do ferro. Com uma talhadeira se repartia o ferro purificado em 4, 5 ou 6 pedaços, dependendo se estes deveriam ser grandes ou pequenos. O ferro puro que assim era obtido (Figura II-13) voltava a ser reaquecido na forja, onde o ferreiro moldaria barras de 1/5 de *centumpondia* (6,5kg), as quais poderiam ser armazenadas e comercializadas e, com elas, se poderiam fazer diversos utensílios. A massa que permanecesse no interior do forno após esfriar ficava dura e difícil de ser forjada. Mas mesmo este ferro duro seria útil porque com ele se poderia fabricar a cabeça de ferro dos pilões ou outros utensílios que precisavam ser muito duros.



**Figura II-13:** O ferro “puro”, que em inglês é denominado *wrought iron*, por ser um ferro que admitia ser trabalhado, era obtido pelo forjamento da massa incandescente pastosa que saía do interior dos primeiros fornos utilizados na Europa, como o Catalão na Espanha e o *Stückofen* na Áustria. Na Antiguidade, no interior dos fornos não se obtinha uma temperatura superior a 850°C, mas no final da Idade Média este valor já tinha subido para 950°C.

A difícil fusão do ferro, que não ocorria nos fornos primitivos, passou a ocorrer quando eles passaram a ser mais altos, amplos e com intensa ventilação (Figura II-14) e que, para diferenciá-los dos fornos primitivos, são denominados de altos fornos. Com cargas maiores, produzem uma maior quantidade de ferro fundido a cada fornada.



**Figura II-14:**O alto forno. (Fonte: AGRICOLA, Georgius. *De Re Metallica*. Translated from the first Latin edition of 1556 by Herbert Clark Hoover and Lou Henry Hoover, Dover Publications, New York, 1950, p.357 e p.359).

Para carregar o alto forno (Figura II-15, **A**), devido a sua maior altura, seria mais conveniente que o mestre usasse uma escada (**B**). O minério de ferro, antes de ser colocado no interior do forno, deveria ser todo triturado nos pilões para assim ser transformado em pedaços menores que uma noz<sup>66,67</sup> e, entre os pedaços, escolher apenas os que tinham ferro. Em seguida, os pedaços de minério selecionados deveriam ser aquecidos em um forno para que deles se retirassem outros metais indesejáveis. Por último, o minério seria lavado para que dele se desprendessem as partes mais leves. Após este longo processo de qualificação, o minério (**C**) era colocado no interior do alto forno, já carregado com o carvão (**D**). Com o interior do forno enriquecido de carbono, era possível obter ferro metálico a 1130°C, um líquido que no passado foi

<sup>66</sup> AGRICOLA, 1950, p.423.

<sup>67</sup> Com a fragmentação de um corpo, aumentamos a área de contato do volume que se fragmentou com o meio externo, o que aumenta a sua capacidade de trocar calor com o meio ambiente. Uma batata quente em nosso prato esfria mais rapidamente quando é fragmentada em muitos pedaços. Os fragmentos de uma rocha de minério também possuem pequena capacidade térmica, o que torna mais fácil aquecê-los até as elevadas temperaturas necessárias para se obter a fusão do ferro.

denominado *ferro coado*, e que hoje denominamos ferro *gusa* ou fundido<sup>68</sup> (*cast iron*). Agrícola (1950) informa que o minério deveria ser derretido por duas ou três vezes, e o ferro assim obtido, após ter sido reaquecido e forjado, seria um ferro macio (*wrought iron*) que poderia ser transformado em barras<sup>69</sup>.



**Figura II-15:**A figura ilustra o mestre fundidor no topo de uma escada (B) carregando um alto-forno (A) com minério (C) e carvão (D). (Fonte: AGRÍCOLA, Georgius. *De Re Metallica*. Translated from the first Latin edition of 1556 by Herbert Clark Hoover and Lou Henry Hoover. New York: Dover Publications, 1950, p.424).

<sup>68</sup>O ferro fundido é, na verdade, uma liga de ferro com elevado teor de carbono com percentual entre 1,5 a 4,5. Esse tipo de ferro é uma boa matéria-prima para a fabricação de vasos ou qualquer outro utensílio que não deva sofrer choques ou fortes impactos durante o uso. No aço, o percentual de carbono irá variar entre 0,1 e 0,9, podendo chegar a 1,8. Quando o percentual é menor que 0,06, teremos um ferro praticamente puro (*wrought iron*) (NEEDHAM, 1964, p.9).

<sup>68</sup>AGRÍCOLA, 1950, p.423.

<sup>69</sup>AGRÍCOLA, 1950, p.423.

Em resumo, no alto forno será obtido o ferro fundido que, ao esfriar, se torna muito duro. Na forja, porém, esse ferro fundido poderá ser transformado em ferro forjado, mais macio e que melhor aceita ser trabalhado, tendo sido, por esta razão, denominado pelos ingleses de *wrought iron* (Figura II-16).



**Figura II-16:** No alto forno, a carga será transformada em ferro fundido (*cast iron*) que, após ter sido reaquecido e forjado, se transformará em ferro “puro” (*wrought iron*).

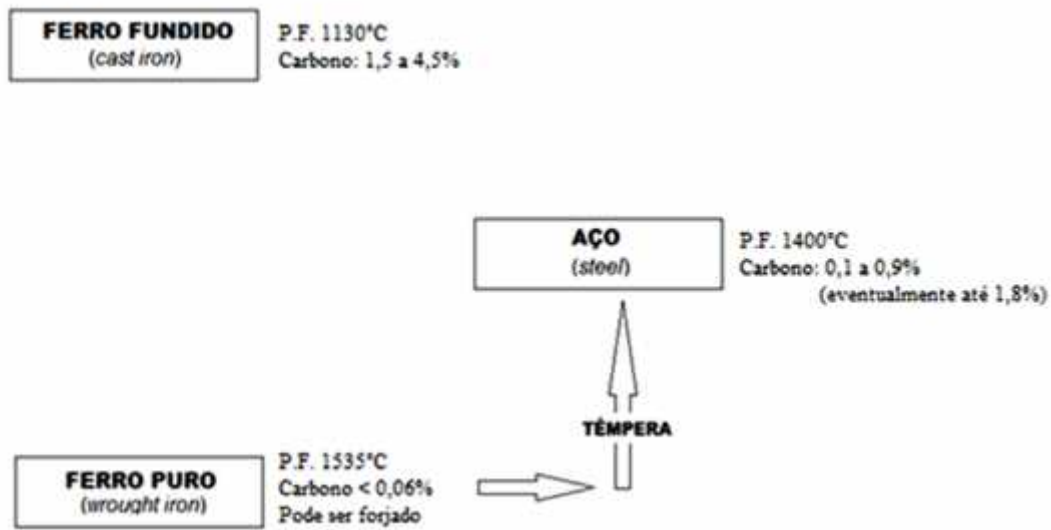
O aquecimento do ferro com baixo teor de carbono em um ambiente enriquecido de carbono poderá transformá-lo em aço aquecido ao rubro ou ao branco. Com o resfriamento rápido deste aço através da sua submersão em meios líquidos, poderemos obter, na temperatura ambiente, aço com diferentes durezas. Este tratamento térmico, que se diz dar têmpera ao metal, admite uma grande variedade de protocolos com diferentes resultados finais. Na têmpera, a dureza e outras propriedades do aço dependerão da rapidez com que se faz cair a temperatura. Na água fria se faz um rápido esfriamento, mas banhando a peça em óleo, o esfriamento já será mais lento. O uso de sal acrescido à água, ou diferentes materiais, também poderá provocar pequenas modificações na rapidez com que se dá o esfriamento da peça e também modificar a estrutura da sua superfície. Esta era uma técnica complexa que exigia do artesão habilidade para que pudesse obter finalmente um tipo de ferro do qual o aço<sup>70</sup> é feito, um ferro duro e maleável<sup>71</sup>. O aço era, assim, um produto da sua história.

<sup>70</sup>Até o século XIX, era chamado de aço o ferro com médio teor de carbono, passível de ser endurecido por têmpera (LANDGRAF, TSHIPTSCHIN, GOLDENSTEIN; 1994, p.110).

<sup>71</sup>AGRÍCOLA, 1950, p.423.



Há referências de que os chineses já utilizavam esta técnica no século IV a.C. quando fabricavam lâminas de espadas (Figura II-17).



**Figura II-17:**A têmpera é uma técnica que permite obter grande variedades de aços. (Fonte: NEEDHAM, Joseph. The Development of Iron and Steel in China, published for The Newcomen Society by W. Heffer & Sons Limited, 1964, pp.24-25.)

A têmpera é uma técnica que se aplica ao aço aquecido ao rubro e não ao ferro puro. Assim sendo, antes de aplicá-la, precisamos de outra técnica que possibilite obter um determinado tipo de aço aquecido ao rubro, o que, modernamente, significa dizer que necessitamos de uma técnica que nos permita controlar o teor de carbono do aço produzido. Os antigos chineses tinham esta técnica, que alguns denominam erradamente de cofusão<sup>72</sup>. Na antiga técnica chinesa, o ferro, que tinha por caráter ser duro [ferro fundido], era misturado, com o auxílio do fogo, ao ferro macio, de onde resultaria o aço com um caráter planejado e aquecido ao rubro. Agrícola ensina como obter o aço seguindo os procedimentos desta antiga técnica oriental. Primeiro propõe que o mestre artesão coloque um cadinho no interior de um forno (Figura II-18A), onde deverá queimar o seu melhor carvão provocando a chama com vento dos foles (B). Quando o cadinho se tornar incandescente, no seu interior se deverá colocar uma mistura de ferro [fundido] triturado e fundente<sup>73</sup>. Quando

<sup>72</sup>Na técnica, descrita a seguir, ficará claro que apenas o ferro fundido se torna líquido durante o processo, mantendo-se sólido o ferro "puro", o que torna inadequado denominar a técnica de cofusão, que dá a entender que a fusão ocorreu em ambos.

<sup>73</sup>O fundente é uma substância que é adicionada para tornar a escória mais fluida. No caso do ferro e do aço o fundente mais comum é o calcário.

tudo estiver líquido, o que ocorrerá a 1130°C, quatro massas de ferro [“puro”], cada uma pesando 30 *libras* (cerca de 10kg)<sup>74</sup>, deverão ser colocadas no interior do cadinho. O aquecimento será mantido em fogo intenso por 6 horas. Durante o aquecimento, o mestre agitará o conteúdo do cadinho com auxílio de uma barra até que nada mais seja sólido e tudo esteja macio como uma massa de pão<sup>75</sup> [uma massa incandescente de aço]. Mas, o aço aquecido ao rubro tem sua estrutura alterada<sup>76</sup>. Então, para finalizar, Agrícola propõe que o

<sup>74</sup> A unidade antiga romana de uma libra equivale a 327g.

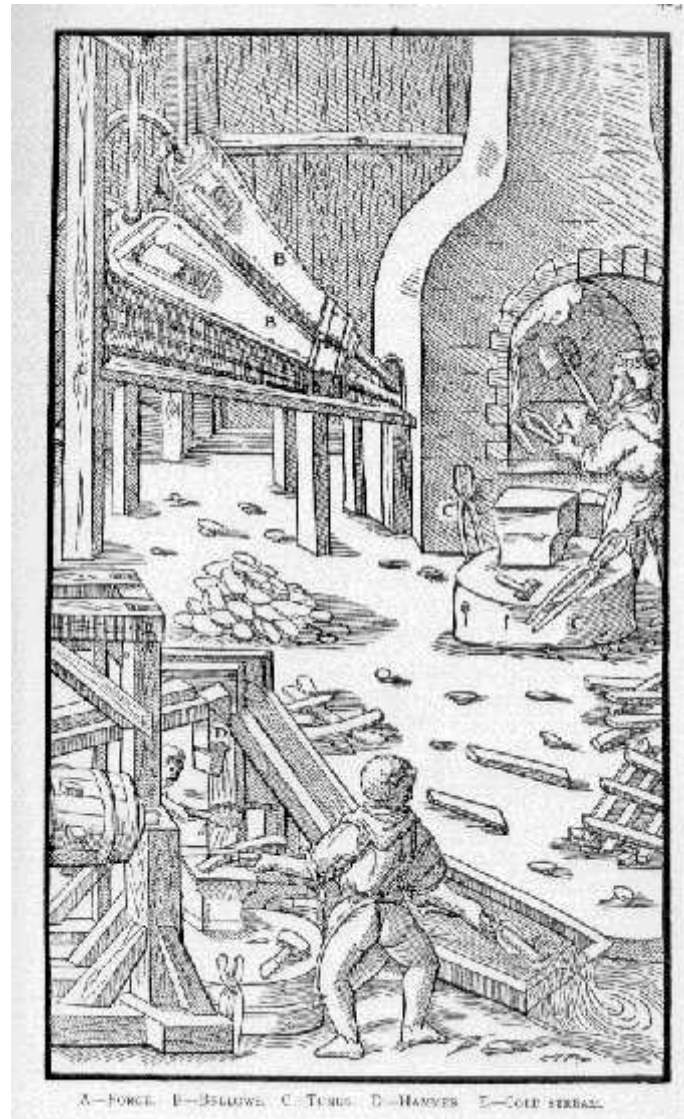
<sup>75</sup> O fato de o conteúdo do cadinho não estar líquido, mas sim semelhante a uma massa de pão, deixa claro que as quatro barras de ferro que foram introduzidas no cadinho eram de ferro puro, ferro de baixo teor de carbono, e cujo ponto de fusão elevado não seria alcançado, mesmo se fosse misturado ao conteúdo incandescente do cadinho de ferro fundido, um ferro com alto teor de carbono e menor ponto de fusão. Na temperatura interna do cadinho, apenas seria obtida uma massa pastosa e incandescente de conteúdo de carbono intermediário aos dois tipos de ferro misturados no cadinho.

<sup>76</sup> Atualmente as análises cristalográficas na Metalografia nos mostram que o ferro com baixo teor de carbono na *temperatura ambiente*, que já pode ser considerado aço, é formado por cristais cúbicos compostos por átomos de ferro e de carbono. Quando na estrutura cristalina cúbica os átomos de ferro ocupam os vértices do cubo e um único átomo carbono ocupa o centro do cubo, esta será denominada estrutura *cúbica de corpo centrado*, CCC. Os cristais de estrutura CCC determinam, no interior do aço, pequenas regiões que são denominadas de ferritas, onde o percentual de carbono máximo é de 0,025%. Um segundo tipo de região existente no interior do aço, denominada *cementita*, com maior teor de carbono que a *ferrita*, é composta por cristais cúbicos formados por 8 átomos de ferro e quatro de carbono. As regiões de *cementita*, em conjunto com regiões de *ferrita*, formam uma nova região no interior do aço, que é denominada de *perlita*. Quando em um aço aumenta o número de regiões de *perlita* em relação ao número de *ferrita*, dizemos que ele aumentou o seu teor de carbono e, por esta razão, se tornou mais duro.

O aço na temperatura ambiente tem sua estrutura interna formada por regiões de *ferrita* e *perlita*. A estrutura do aço não se altera até que chegue a uma temperatura na qual a região de *perlita* altere sua estrutura interna e passe a formar uma nova região denominada *austenita*. Em um aço de 0,4% de carbono, por exemplo, tal transformação se inicia a partir de 727°C, quando a *ferrita* e a *perlita* começam a se transformar, pouco a pouco, em regiões de *austenita*. Por fim, a 850°C, toda a estrutura do aço se transformou em *austenita*. O intervalo determinado pela temperatura em que se iniciou a transformação do aço, 727°C, e a temperatura em terminou a transformação, 850°C, quando todo o aço é apenas formado de *austenita*, é denominado de *zona crítica*. Na *zona crítica*, a estrutura *cúbica de corpo centrado* (CCC) se transforma em uma estrutura *cúbica de face centrada* (CFC). Nesta, átomos de carbono passam a ocupar as faces de um cubo na estrutura cristalina. Em resumo, na *austenita*, a estrutura cristalina é única e do tipo CFC. Com esta nova estrutura, quando o aço está a uma temperatura acima da *zona crítica*, apresenta menor resistência à tração e boa tenacidade, além de deixar de ter propriedades magnéticas.

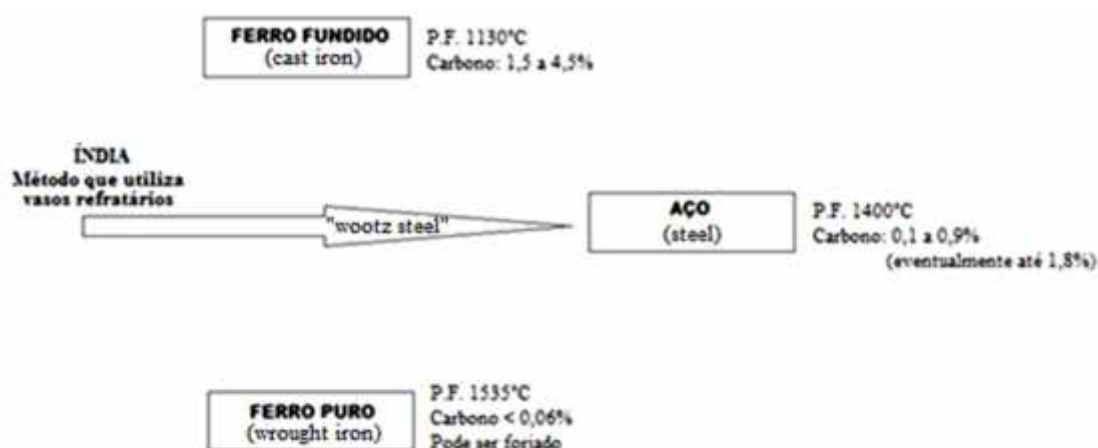
O aço aquecido a uma temperatura acima da *zona crítica*, se resfriado lentamente reverterá, pouco a pouco, a conformação da sua estrutura e novamente será formado apenas de *ferrita* e *perlita*. No entanto, se o resfriamento for rápido, o aço passa a ter uma nova constituição na temperatura ambiente. Com esfriamento brusco, a *austenita* não tem tempo para se transformar em *ferrita* e *perlita*. A *austenita* se transformará diretamente em uma nova estrutura denominada *martensita*. Com o esfriamento rápido, a estrutura da *austenita* sofre uma deformação criando uma tensão na estrutura deformada responsável pelo aumento da *dureza* do aço. A *têmpera* não é o único tratamento térmico que pode alterar as propriedades físicas do aço, as quais dependem do teor de carbono no aço e da sua composição química, assim como dos tratamentos térmicos aos quais foi submetido, isto é, da sua história. (Fonte: Novo Telecurso, *Tratamento Térmico, aulas 1, 2, 3 e 4*. Realização da FIESP, SESI, SENAI, IRS, Fundação Roberto Marinho, 2000.).

mestre mergulhe na água o aço aquecido ao rubro. Porém, antes que se faça a têmpera, se deverá dar forma de barra ao aço. O mestre, auxiliado pelo seu ajudante, utilizaria um alicate bico de pato (C) para retirar do cadinho a massa incandescente, colocando-a sobre a bigorna, onde será golpeada pelo martelo (D). Sem muita demora, a massa quente deverá ser mergulhada na água fria corrente (E) para ser temperada.



**Figura II-18:** A figura ilustra uma técnica através da qual se obtém aço. (Fonte: AGRICOLA, Georgius. *De Re Metallica*. Translated from the first Latin edition of 1556 by Herbert Clark Hoover and Lou Henry Hoover. New York: Dover Publications, 1950, p.425).

Na Ásia, segundo Needham<sup>77</sup>, a metalurgia do ferro seguiu um caminho diverso do que ocorreu na Europa. Na Índia, o aço foi obtido muito precocemente com a descoberta empírica da técnica de “empacotar” e aquecer por muitas horas, dentro de um mesmo vaso refratário, o minério do ferro em conjunto com pedaços de madeira e folhas especialmente escolhidos. Com esta técnica, o óxido de ferro existente no interior do minério seria reduzido, e ao ferro resultante seria fornecido o adequado aumento de carbono que o transformaria em aço (“wootz” steel). Este tipo de aço assim obtido (Figura II-19) foi reconhecido como o melhor pelos fabricantes árabes de espada, que o importavam para com ele forjarem as lâminas de suas espadas<sup>78</sup>.



**Figura II-19:** Na Índia, o aço foi produzido no interior de pequenos vasos refratários, onde o minério de ferro era “empacotado” com pedaços de madeira e folhas especiais.

Na China, a técnica de “empacotamento” também foi utilizada, mas o minério era colocado em vasos refratários junto com carvão mineral<sup>79</sup>. Neste caso, a técnica não servia para produzir o aço, mas sim o ferro. A fusão do ferro no interior dos vasos refratários era facilitada porque, em algumas províncias, o minério de ferro era rico em fósforo, e também pelo fato de que os antigos fundidores agregavam à carga do forno certa quantidade de terra preta (*hei thu*). O fósforo no minério, sem que soubessem, seria o responsável pela diminuição da temperatura de fusão do ferro, de 1535°C para 950°C<sup>80</sup>, e os

<sup>77</sup> NEEDHAM, 1964, p.14.

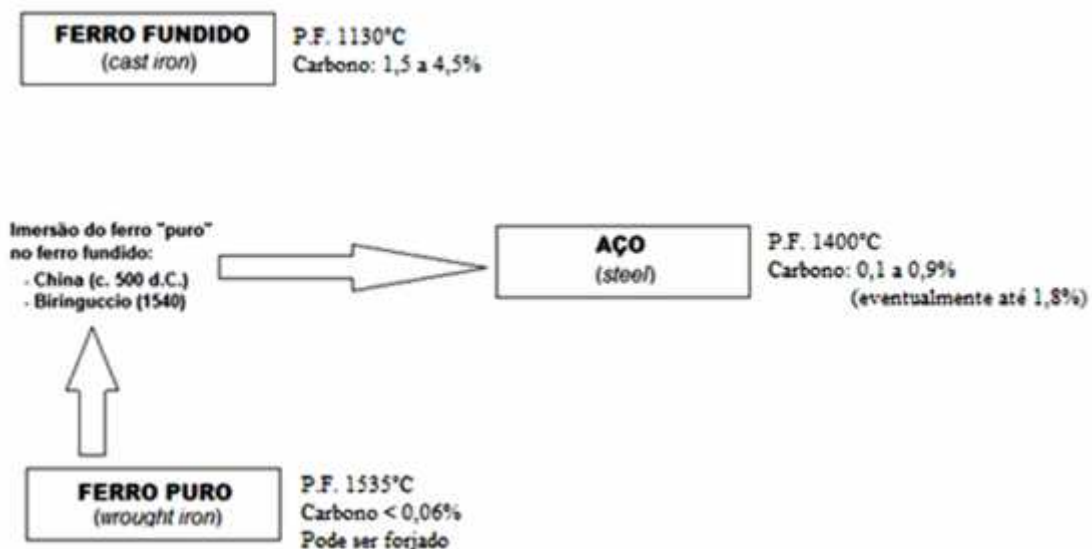
<sup>78</sup> NEEDHAM, 1964, p.45.

<sup>79</sup> O uso de carvão mineral na China para obter a fusão foi iniciado, no mínimo, no século IV. (NEEDHAM, 1956, p.14).

<sup>80</sup> A concentração de fósforo no minério de ferro acima de 6% reduz o ponto de fusão de 1530°C para cerca de 950°C (NEEDHAM, 1964, pp. 14-15).

componentes da terra preta agiam como fundente, permitindo que uma massa de ferro líquido se desprendesse da escória. Ao final, quando os vasos refratários frios eram abertos, no seu interior existiam massas de ferro fundido e ferro “puro”, que seriam separados manualmente.

No século VI d.C, na China, o aço foi produzido utilizando a técnica de “empacotamento”<sup>81</sup>. Em um vaso refratário, preenchido com o melhor carvão, pedaços de ferro puro, pedaços de ferro fundido, assim como outros ingredientes que deveriam agir como fundentes, eram, juntos, “empacotados”. Depois de preparados os conteúdos dos vasos refratários, esses eram aquecidos durante horas até que a temperatura no seu interior alcançasse 1130°C, quando o ferro puro, macio por ter baixo teor de carbono, se transformava em uma massa pastosa que era banhada pelo líquido proveniente da liquefação do ferro duro por ter um elevado teor de carbono, surgindo, assim, um ferro com conteúdo de carvão intermediário – o aço. Como podemos notar, poderia haver certo controle sobre o produto final, o teor de carbono do ferro. Na opinião de Joseph Needham, esta técnica (Figura II-20) não foi conhecida na Europa antes do século XV<sup>82</sup>, a qual foi descrita por Biringuccio em 1540 e por Agrícola em 1556.

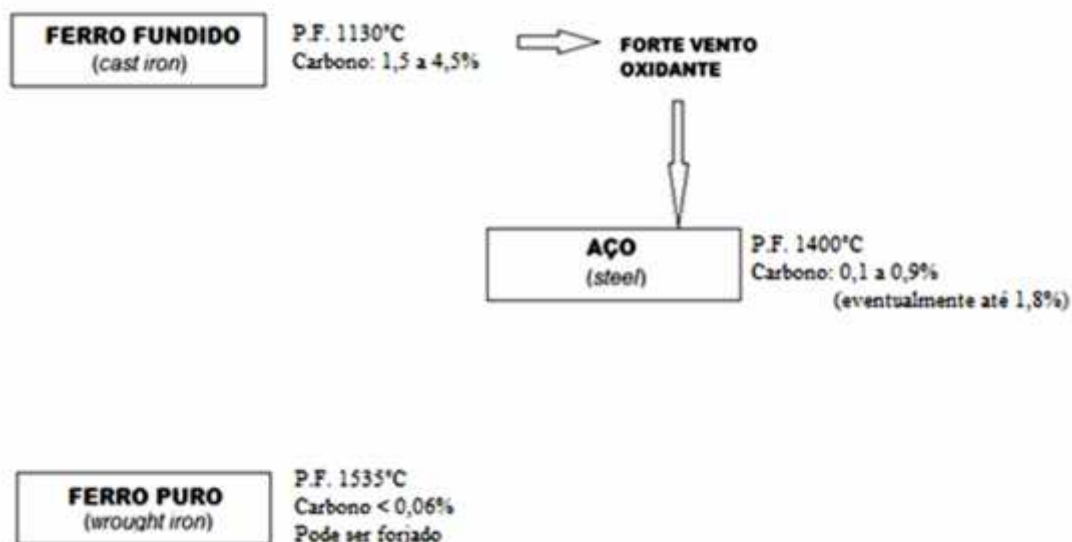


**Figura II-20:** Na China (c.500 d.C.), o aço era obtido através da imersão do ferro com baixo teor de carbono no ferro líquido com alto teor de carbono, obtendo, assim, o aço (Fonte: Needham, Joseph. *The Development of Iron and Steel in China*, published for The Newcomen Society by W. Heffer & Sons Limited, 1964, pp.24-25.).

<sup>81</sup>NEEDHAM, 1964, pp.26-28.

<sup>82</sup>NEEDHAM, 1964, pp. 26-27.

O ferro fundido poderia ser descarbonizado no interior do alto forno pela ação direta do vento oxidante dos foles, que remove do ferro na forma de óxidos o carbono e outras impurezas, tais como o silício e o manganês. Com essa técnica (Figura II-21) se produziu uma abundância de aço na China no século IV d.C.



**Figura II-21:** Em pequenos "altos-fornos", na China, o aço foi obtido através da redução direta do ferro fundido ainda no século IV, d.C..

A conseqüente abundância de aço na China, em uma época que precede a Europa em cerca de mil anos<sup>83,84</sup>, é um indicador de como foi diferente a evolução das técnicas metalúrgicas nos extremos opostos da Eurásia. A precedência da China nessa evolução se deve principalmente, segundo Needham<sup>85</sup>, a algumas razões:

1. O uso de minérios excepcionalmente ricos em fósforo, ou a adição de pequenas quantidades de minérios ricos em fósforo na carga dos pequenos altos-fornos.
2. A existência de boas cerâmicas refratárias que permitiram a construção dos altos-fornos e cadinhos.
3. O uso de ventilação forçada no interior do forno através de foles que utilizavam cilindros duplos ainda no início do século IV a.C..

<sup>83</sup>NEEDHAM (1964:38).

<sup>84</sup>O processo de descarbonizar o ferro fundido com o uso de jatos de ar oxidantes foi aperfeiçoado na Inglaterra em 1856 por Henry Bessemer, na cidade de Sheffield, o qual foi considerado revolucionário porque finalmente fez cair o preço do aço, o que permitiu a disseminação do seu uso.

<sup>85</sup>NEEDHAM, 1964, p. 47.

4. A invenção, no século II a.C., de um fole que utilizava um único cilindro com dupla ação e que era responsável por um vento contínuo e forte, o qual passou a ser utilizado na siderurgia no século III d.C.
5. A utilização de rodas d'água para mover os foles a partir do século I d.C..
6. O uso de carvão mineral nos fornos a partir do século IV d.C.<sup>86</sup>.

O avanço da siderurgia finalmente permitiu o que parecia ser impossível: a fabricação de lâminas de espadas rígidas e flexíveis. As lâminas, se feitas de cobre, mesmo temperadas, eram excessivamente flexíveis<sup>87</sup>. As de bronze eram rígidas<sup>88</sup> e quebravam quando o comprimento era maior que 80cm. As lâminas flexíveis o suficiente para não quebrar durante um combate e ao mesmo tempo rígidas nas suas bordas e pontas apenas foram obtidas quando passaram a ser feitas de aço e temperadas de forma diferente em cada uma de suas partes. Utilizando uma variedade de técnicas, as espadas de aço foram confeccionadas com diversas formas e tamanho. As espadas de uso mais comum tinham comprimento que geralmente não ultrapassava 95cm. No entanto, entre os francos, os membros da dinastia Carolíngia portavam espadas excessivamente longas como símbolo de poder (Figura II-22).

---

<sup>86</sup>NEEDHAM, 1964, p.14.

<sup>87</sup>O cobre é um metal macio porque sua estrutura cristalina forma planos paralelos que facilmente escorregam uns sobre os outros. No cobre forjado, este é endurecido porque seus cristais sofrem deformações que impedem o fácil escorregamento das camadas (BRONOWSKI, 1974, p.126).

<sup>88</sup>O bronze, por ser uma liga, não é formado por átomos de um único tipo. Por essa razão, os cristais não formarão camadas que facilmente escorregam umas sobre as outras, como ocorre com o cobre (BRONOWSKI, 1974, p.126).



**Figura II-22:**A pintura sobre a superfície de uma parede representa os guerreiros francos no século VIII, membros da dinastia Carolíngia.(Fonte: Needham, Joseph. The Development of Iron and Steel in China, published for The Newcomen Society by W. Heffer & Sons Limited, 1964, plate 31, figure 54.).

Na China e na Índia se desenvolveram as técnicas para obter os melhores aços para confeccionar lâminas de espadas<sup>89</sup>. No entanto, as melhores técnicas para confeccionar as lâminas surgiram entre os povos que habitavam a região central da Eurásia, onde hoje existe a Turquia e de onde se espalhou para o leste e o oeste<sup>90,91</sup>. Mas foi certamente entre os japoneses que a técnica alcançou o seu mais alto nível<sup>92,93</sup>. No Japão, durante o século VIII, o poder outorgado pela espada permitiu que os *bushi* (guerreiros) ou *samurais* (servidores) estabelecessem o controle da ordem social sob o comando de administradores que eram enviados às diferentes regiões do Japão.

No Japão, no século VIII, a busca da lâmina de espada perfeita conduziu os ferreiros à combinação, em uma mesma lâmina, do ferro duro e do ferro macio. Na forja, eles moldavam os dois tipos de ferro distintos de tal forma que um sobre o outro formassem uma única lâmina com duas camadas. A seguir, prosseguiam dobrando esta lâmina sobre si mesma por diversas vezes, mais de uma dezena de vezes. Esta simples técnica criava uma lâmina formada por milhares de camadas, algo que apenas a matemática nos ajuda a entender. Na primeira dobra, a lâmina que antes tinha apenas 2 camadas passaria a ter 4. Na segunda vez que fosse feita a dobra, teríamos 8 camadas. Na terceira, 16. Na quarta, 32. Quantas camadas terá a lâmina que foi dobrada 10 vezes? Na

<sup>89</sup>NEEDHAM, 1964.

<sup>90</sup>NEEDHAM, 1964, p. 44.

<sup>91</sup>HOYLAND, GILMOUR; 2006.

<sup>92</sup>HENSHALL, 2008.

<sup>93</sup>NEEDHAM, 1964, p.40.



primeira dobra obtivemos 4 camadas, que corresponde a  $2^2$ . Na segunda dobradura, 8, que corresponde a  $2^3$ . Na terceira, 16 ou  $2^4$ . De maneira geral, o número de camadas produzidas pelas dobraduras será igual a  $2^{n+1}$ , onde n é igual ao número de dobraduras. Em 10 dobraduras, teremos um número de camadas igual a  $2^{11}$ , isto é, 2048 camadas. Com apenas mais cinco dobraduras, isto é, com 15 dobraduras, teríamos  $2^{16}$  camadas, que corresponde a 65536 camadas. Ao final do processo de dobraduras sucessivas, a lâmina era coberta, em suas diferentes partes, com argila de diferentes espessuras e colocada no forno para aquecer ao rubro. Em seguida, a lâmina era submetida a um choque térmico que produzia em cada parte dessa lâmina uma têmpera diferente e adequada a sua função <sup>94</sup>.

No século VII, no Oriente Médio, os árabes expandiram o império do Islã<sup>95</sup> utilizando excelentes espadas. Os seguidores do Islã, os muçumanos, inicialmente foram liderados pelo profeta Maomé. Após sua morte, novas lideranças assumiram o comando dos muçumanos e prosseguiram promovendo a expansão territorial do que veio a se tornar um imenso império. Em seus domínios, os árabes estabeleceram uma complexa hierarquia de privilégios que beneficiavam os muçumanos árabes e os diferenciavam dos muçumanos não árabes. Mais tarde, no século IX, os árabes começaram a deixar a vida nômade e passariam a se fixar nas cidades, iniciando, assim, um novo processo civilizatório<sup>96</sup>. Os califas começaram a patrocinar a tradução para o árabe de obras estrangeiras, e assim promoveram o enriquecimento cultural do seu povo. No Império, alguns sábios árabes entraram em evidência, entre eles *Abu Yusuf Ya'qub ibn Ishaq al-Kindi*, a quem nos referiremos simplesmente como *Al-Kindi* (c.800-c.870), que se destacou em diferentes áreas do conhecimento e passou a ser reconhecido como o *filósofo dos árabes*. Em um de seus estudos, atendendo a solicitação do califa, *al-Kindi* escreveu em árabe sobre os diversos tipos de espadas que eram utilizadas no mundo árabe. Somente um milênio depois, no século XIX, seu texto foi traduzido para o alemão por Friedrich Schwarzlose com o título de *Die Waffen*

---

<sup>94</sup>BRONOWSKI, 1974, pp.130-134.

<sup>95</sup>GIORDAN, 1992.

<sup>96</sup>Para o homem nômade, todos os dias são iguais, não existem novas perguntas. Portanto, dificilmente entre os povos nômades veremos surgir novas técnicas (BRONOWSKI,1974, p.62).

*Der Alten Araber* (As armas dos antigos árabes); e no século XXI, em 2006, para o inglês, por Robert Hoyland com o título *On swords and their kinds* (Sobre as espadas e seus diversos tipos)<sup>97</sup>. Essas traduções, como *Science & Civilisation in China*, de Joseph Needham, são importantes contribuições para a história das ciências e das técnicas, que, como já foi dito, muito ainda terão por avançar após o abandono de uma postura eurocêntrica.

Em oficinas localizadas nas principais cidades árabes, como as de Damasco, os artesãos confeccionavam excelentes espadas utilizando principalmente o aço proveniente da Índia, que consideravam ser o melhor<sup>98</sup>. Os mulçumanos, armados com modernas espadas, se impuseram a diversos povos e expandiram o Império do Islã através do norte da África até o Estreito de Gibraltar, por onde penetraram na Europa invadindo boa parte da Península Ibérica. Em 732, ao tentarem continuar a expansão do Império para além dos Pirineus, foram contidos pelos francos, guerreiros que habitavam no local da atual França e que também possuíam excelentes espadas<sup>99</sup>. Os francos venceram os mulçumanos na Batalha de Poitiers, uma batalha que impediu a expansão do Islã para o norte, o que certamente teria modificado profundamente toda a história da Europa que hoje conhecemos.

Uma espada pode ser forjada a partir de um único lingote de aço, que não precisa ser muito grande. Em *Merv*, uma antiga cidade oásis localizada na Ásia Central, onde atualmente existe o Turcomenistão, foi encontrado recentemente, durante escavações arqueológicas, um pequeno forno feito de finas paredes de cerâmica refratária, provavelmente do século X ou XI (Figura II-23).

---

<sup>97</sup>HOYLAND, GILMOUR; 2006.

<sup>98</sup>MÜHLHÄUSLER, HOYLAND; 2006, p. 100.

<sup>99</sup>LEWIS, 2010



**Figura II-23:** Um pequeno forno, como evidência a escala cuja menor divisão corresponde a 5cm, encontrado durante recentes escavações em Merv, o qual pode corresponder a um tipo de forno que era utilizado entre os séculos IX e X. No forno havia um pequeno tubo na sua base, como mostra a imagem, através do qual se fazia a ventilação forçada. O forno deveria ser fechado na sua parte superior (FONTE: HOYLAND, Robert G.; GILMOUR, Brian; *Medieval Islamic Swords and Swordmaking; Kindi's treatise "On swords and their kinds" - edition, translation, and commentary.* Gibb Memorial Trust, Oxford, 2006, fig. 15, que foi cedida por cortesia por A. Feuerbach).

O forno de Merv, encaixado em uma pequena cavidade no solo, tinha, na sua parte inferior, um canal central para fornecer uma ventilação forçada. As maiores dimensões deste forno são inferiores a 30cm<sup>100</sup>. Apesar de pequeno, nele se poderia produzir de uma só vez até 1,3kg de aço, o que seria suficiente para confeccionar uma lâmina de espada, mesmo considerando que durante o forjamento haveria o desprendimento da escória, quando se perde até 25% da massa total. Um forno pequeno, mas fantástico, que nos leva a imaginar a possibilidade de no passado terem existido guerreiros auto-suficientes, capazes de produzir suas próprias espadas. No entanto, para armar milhares de guerreiros, seriam necessários fornos maiores, altos-fornos (Figura II-24).

---

<sup>100</sup>GILMOUR, 2006, p.61.



**Figura II-24:** O detalhe de uma miniatura mostra ferreiros persas e outros tipos de artesãos produzindo espadas no início do século XVI. Na parte superior da imagem, é mostrado o forno onde os ferreiros produziam o aço; e na parte inferior, os artesãos que forjavam as espadas (FONTE: HOYLAND, Robert G.; GILMOUR, 2006, figura II-19, a qual foi cedida por cortesia por *Bodleian Library MS Elliott 340, fol. 80a*).

Na Península Ibérica, durante vários séculos, os habitantes de Biscaia e da Galícia se dedicaram às indústrias extrativas e às artes metálicas. Em Portugal, durante a Idade Média, ferreiros espanhóis produziam espadas em oficinas localizadas nas cidades do Porto e de Braga. Em Braga, deveriam ser tantos os ferreiros oriundos de Biscaia que existia uma rua denominada “dos Biscainhos”<sup>101</sup>. Em Portugal, no reinado de D. João II (r. 1481-1495), foi dado início à construção de ferrarias junto à ribeira de Barcarena, onde seria albergada a tecnologia metalúrgica mais evoluída da Península Ibérica. No entanto, para atrair do estrangeiro os artesãos fabricantes de espadas, era necessário o recurso de lhes oferecerem uma Carta de Privilégio que lhes garantisse o direito a moradia em qualquer lugar em que estivesse a serviço do

<sup>101</sup>VITERBO, 1907, p.12.

rei, ou uma ajuda de custo para a moradia, que chamavam aposentadoria. Outro privilégio também poderia ser a permissão para ter uma tenda aberta para prestar serviços pagos à população em geral<sup>102</sup>.

A produção de ferro em Portugal sempre avançou com dificuldade e nunca poderia ser comparada com o que se observou na Espanha ou na Suécia. Para Sousa Viterbo<sup>103</sup>, o atraso que ainda era verificado no início do século XX se deveria a duas razões. A principal seria a não promoção, durante séculos, de uma extração ativa do minério de ferro. Uma segunda razão seria o fato da não existência do carvão em qualidade e quantidade necessárias para suprir as necessidades de energia de uma indústria siderúrgica. No entanto, tal fato não impediu que os artífices do ferro, serralheiros e ferreiros exercessem essas profissões consideradas populares e que foram muito cultivadas e praticadas pelos portugueses.

Os artífices do ferro espanhóis provavelmente deveriam construir em Portugal fornos semelhantes aos que trabalhavam na Espanha, como o Forno de Galícia, que tinha cerca de um metro de altura e produzia, em cada fornada, em torno de 15kg de ferro entremeado de escória<sup>104</sup>. Estes pequenos fornos também foram construídos clandestinamente pelos ferreiros nas colônias portuguesas, onde a Coroa proibia a produção do ferro. A relação de 56 artesãos, ferreiros e serralheiros que serviram ao Reino de Portugal do século XV ao século XVII, apresentada no trabalho de Sousa Viterbo e intitulado *Artes e Indústrias Metálicas em Portugal - Serralheiro e Ferreiros*<sup>105</sup>, mostra que até meados do século XVII existiram mestres ferreiros portugueses trabalhando na Índia, mas nenhum no Brasil. No entanto, escavações na cidade de São Paulo realizadas no século XX revelaram a existência de um forno de Galícia (Figura II-25), o qual é uma evidência de que, no passado, artesãos praticavam as artes metálicas no Brasil. O fato de Viterbo não ter feito a esses artesãos nenhuma referência, porque não a encontrou nos documentos existentes na Torre do Tombo, confirma a clandestinidade do trabalho dos ferreiros no Brasil.

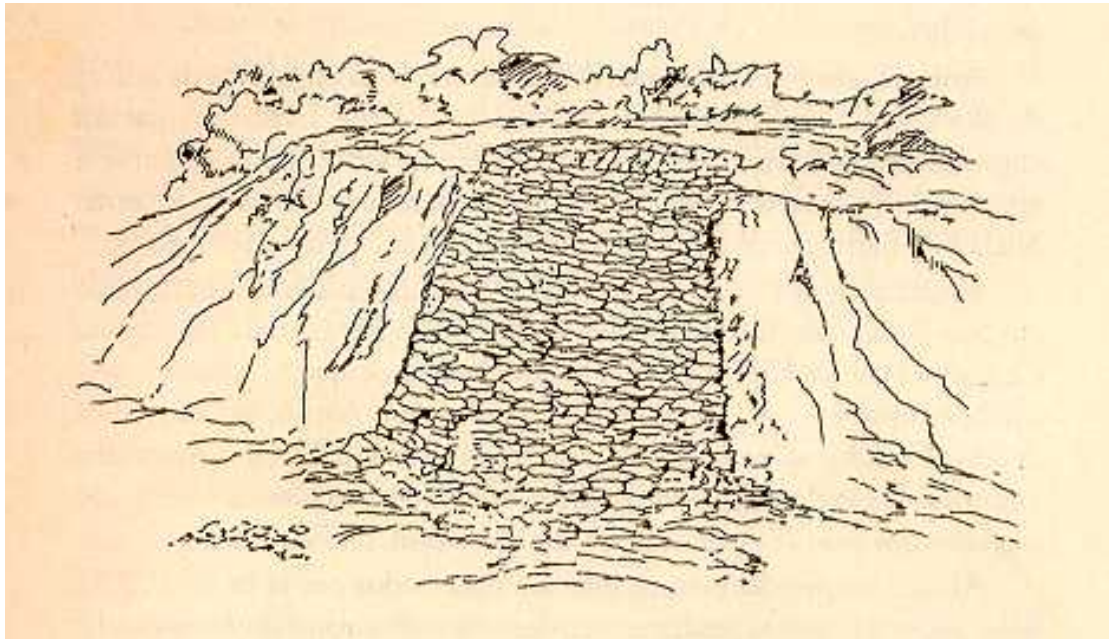
---

<sup>102</sup>VITERBO, 1904

<sup>103</sup>VITERBO, 1904.

<sup>104</sup>LANDGRAF, TSHIPTSCHIN, GOLDENSTEIN, 1994, p.110.

<sup>105</sup>O anexo II contém o nome de 56 ferreiros e serralheiros que serviram aos reis de Portugal entre o século XV e XVII, e que receberam Carta de Privilégio.



**Figura II-25:** Desenho que reconstrói a possível forma de um dos Fornos de Galícia encontrados em escavações feitas em São Paulo, Brasil. (FONTE: LANDGRAF, Fernando José G., TSHIPTSCHIN, André P., GOLDENSTEIN, Hélio. *Notas sobre a História da Metalurgia no Brasil (1500-1850)*. In: *História da Técnica e da Tecnologia no Brasil*. VARGAS, Milton (coordenador). São Paulo: Editora Unesp, 1994, figura II- 1, p.110).

## II.3 As armas de fogo

### II.3.1 Introdução

Na Idade Média, o avanço de um exército contra uma cidade poderia ser contido por grandes muralhas verticais construídas ao redor dela, o que obrigava o exército invasora fazer uso de diversas técnicas para tentar romper a barreira de proteção da cidade, como o uso da catapulta e do trabuco, grandes armas capazes de lançar sobre as muralhas diversos tipos de projéteis como pedras, corpos em chama e até cadáveres vítimas da peste. A artilharia medieval não conseguia pôr abaixo as imensas muralhas verticais, mas suas armas eram eficazes para criar pânico e terror no território do inimigo. As muralhas protegiam as cidades medievais e faziam com que uma batalha de sítio perdurasse por meses. A longa duração de um cerco poderia ser fatal para as tropas sitiadas porque poderia provocar o esgotamento dos recursos necessários para manter os soldados no campo de batalha ou dar o tempo necessário para a chegada de tropas que vinham em socorro da cidade sitiada. As muralhas da cidade de Constantinopla foram eficazes durante séculos e resistiram a vinte cercos<sup>106</sup> até que, em 1453, uma nova arma de arremesso em poder dos sitiados, o canhão, venceu as muralhas da cidade. O canhão iniciou uma nova era para a Artilharia porque em semanas abria brechas nas muralhas por onde as tropas invasoras poderiam penetrar na cidade, o que reduziu imensamente o tempo das batalhas de sítio. O canhão dos muçulmanos tornou as grandes muralhas verticais inúteis, o que provocou na Itália uma imediata resposta dos engenheiros militares cristãos, que modificaram a arquitetura militar com a criação do Traço Italiano, uma nova forma de construir que dava àquelas muralhas a forma de uma estrela. A nova maneira de construir era adequada ao sistema de defesa das cidades porque evitava a existência de regiões fora do alcance das armas do sitiado, assim como obrigava ao inimigo o posicionamento da sua artilharia a uma distância que fazia seus projéteis perderem a eficácia.

---

<sup>106</sup>KELLY, 2004, p.49.

### II.3.2 O fogo grego

As substâncias incendiárias sempre encontraram emprego nas guerras. No século VII, surgiu uma terrível arma que atualmente denominamos de *fogo grego*, e que nunca foi assim denominada pelos seus criadores, os bizantinos<sup>107</sup>. Trata-se de um aparato que lançava um líquido combustível em chamas. Na época do seu aparecimento, em 677, o novo artefato se transformou em uma aterrorizante arma de arremesso que foi utilizada pela primeira vez pelos bizantinos contra os muçulmanos. Os cristãos, herdeiros do Império Romano, podem ter conseguido confeccionar o fogo grego a partir da contribuição de Kallinikos (*Callinicus*), um grego prisioneiro na Síria, de onde conseguiu fugir trazendo consigo novas técnicas que permitiram a invenção desse artefato<sup>108,109</sup>.

Os árabes, em 671, iniciaram uma série de ataques à cidade de Constantinopla, que somente foram interrompidos no ano de 678. Em 677, os árabes foram surpreendidos pela nova arma transportada nas naus dos bizantinos, que era capaz de lançar um líquido viscoso em chamas que grudava nas embarcações de madeira. Com o uso da nova arma, as batalhas navais se tornaram ainda mais aterrorizantes. As frágeis embarcações de madeira com suas tripulações sucumbiam nas chamas. Na época, o fogo grego foi descrito como algo cujas chamas somente poderiam ser apagadas com o uso de vinagre ou urina. Os bizantinos guardaram em segredo a composição do terrível combustível durante séculos. No entanto, no século XII, os muçulmanos fizeram a primeira demonstração do uso de lança chamas. A nova arma dos muçulmanos foi usada contra os cristãos nas batalhas que ocorreram durante as últimas das oito Cruzadas. Os cristãos provenientes do ocidente

---

<sup>107</sup>PARTINGTON, 1999, p. 11.

<sup>108</sup>A técnica da destilação deveria ter sido fundamental para produzir o combustível utilizado no fogo grego. Esta técnica deve ter sido descoberta em Alexandria, entre os séculos I e III e, em seguida, ter passado para a Síria, onde Kallinikos pode ter obtido esse conhecimento, que conduziu para Constantinopla. Na cidade vivia o alquimista Stephanos, e juntos podem ter produzido o fogo grego (PARTINGTON, 1999, p. 31).

<sup>109</sup>Para Bert S. Hall, melhor seria que o “Fogo Grego” fosse denominado de “Fogo de Kallinikos”.(HALL, 1999, p. xxvii).



desconheciam a arma e ficaram aterrorizados diante da invenção demoníaca<sup>110</sup>.

Al-Baytār, um espanhol mulçumano que morreu em 1248, deixou um trabalho onde, pela primeira vez, se menciona o uso do salitre pelos árabes<sup>111</sup>. A introdução desse elemento na composição do combustível do lança chamas poderia tornar a arma ainda mais terrível porque, assim, suas chamas se manteriam acesas mesmo sob a água. Portanto, os árabes podem ter utilizado contra os cruzados uma terrível arma cujas chamas ardiam até debaixo da água.

### II.3.3 Do fogo artificial à pólvora

O fogo não existe sem combustível e comburente. O oxigênio é o comburente que mantém as chamas acesas no ar. Na natureza não existe combustível que já possua no seu interior o oxigênio. Uma chama sempre dependerá de um fornecimento externo de comburente. No entanto, esse tipo de combustível foi criado artificialmente, e o fogo que dele provém é, por este motivo, denominado de fogo artificial<sup>112</sup>. Entre os diversos combustíveis, o enxofre sempre atraiu a atenção humana por ser uma pedra que pegava fogo. A mistura do enxofre com carvão e salitre fez surgir uma chama que queimava com vigor e que não se apagava com facilidade porque era um fogo artificial. No passado, provavelmente foram os alquimistas chineses que por tentativas e erros, revelaram as propriedades únicas desse combustível. As modificações na composição do fogo artificial acabaram por fazer surgir, em meados do século IX<sup>113</sup>, o que hoje identificamos como pólvora.

Na pólvora, o enxofre e o carvão agem principalmente como combustíveis, e o salitre como comburente. Atualmente, sabemos que a capacidade do salitre de fornecer oxigênio inicia apenas quando a temperatura

---

<sup>110</sup>PARTINGTON, 1999, p. 21.

<sup>111</sup>PARTINGTON, 1999, p. 22.

<sup>112</sup>KELLY, 2004, p.VIII.

<sup>113</sup>BUCHANAN, 2006, p3 - *Apud*: NEEDHAM, J. *Gunpowder Epic*, p.7.

está acima de 335°C. O início do processo da queima da mistura, a ignição, ocorre quando o enxofre é aquecido acima de 261°C. Após a ignição, a queima do carvão eleva a temperatura acima de 335°C, o que causa a liberação do oxigênio do salitre no meio da mistura e o surgimento de uma chama vigorosa acompanhada de um grande volume de gases<sup>114</sup>, os quais, aquecidos, se expandem rapidamente<sup>115</sup>. Com este tipo de fornecimento de oxigênio, o combustível queima muito rapidamente, o que corresponde a dizer que, assim, se obtém uma liberação de energia de elevada potência<sup>116</sup>. O aumento da proporção de salitre na mistura aumenta seu poder de deflagração<sup>117</sup>. Quando nas misturas a proporção de salitre é superior a 50%, a queima poderá produzir uma explosão<sup>118</sup>. Os chineses, em meados do século VII, já produziam uma mistura, um tipo de pólvora, que Needham classificou como um explosivo de baixa potência<sup>119</sup> porque era composta de 50,5% de salitre, 26,5% de enxofre e 23,0% de carvão. Com o passar do tempo, diversos povos passaram a fazer uso da pólvora e experimentaram proporções de salitre cada vez maiores, chegando a cerca de 80%, o que tornou a pólvora mais potente.

---

<sup>114</sup>A pólvora que queima sem emissão de fumaça apenas foi inventada em meados do século XIX, no entanto o seu estudo está além do escopo desta Tese. A pólvora à qual sempre iremos nos referir será a *pólvora negra*, que assim foi denominada para ser diferenciada da pólvora que não emite fumaça.

<sup>115</sup>KELLY, 2004, pp.5-7.

<sup>116</sup>A potência é definida como a rapidez com que se troca certa quantidade de energia. A interação será tão mais potente quanto menor o intervalo de tempo no qual ocorreu a troca.

<sup>117</sup>A combustão, segundo PARTINGTON, poderá ocorrer de cinco formas diferentes. O primeiro tipo de combustão, a combustão *lenta*, é aquela verificada na queima de algumas substâncias como óleos, piche (betume) e o enxofre, e que foram utilizadas nas primeiras armas incendiárias que lançavam corpos em chamas presos às flechas. O segundo tipo, a combustão *rápida*, ocorre nos destilados do petróleo ou na nafta, que eram utilizados como conteúdos de potes incendiários lançados por catapultas, ou como combustíveis do Fogo Grego. O terceiro tipo, a *deflagração*, é aquela verificada na pólvora com baixo conteúdo de nitrato, que é identificada como uma "proto-pólvora". No quarto tipo, a *explosão* ocorre na pólvora com elevado teor de nitrato. A queima de toda pólvora com teor de salitre superior a 50% é classificada como *explosão* (BUCHANAN, 2006, p.4). O quinto e último, a *detonação*, ocorre na pólvora com aproximadamente 75% de salitre. Mas, atualmente a classificação de uma reação como *detonação* apenas se aplica à queima dos combustíveis orgânicos, usados na produção de granadas, bombas, minas e trabalhos de demolição, quando se verifica que o calor entre os reagentes não se propaga por condução, como ocorre na queima da pólvora, mas sim através de uma onda de choque que tem uma velocidade superior à do som (PARTINGTON, 1999, p.266).

<sup>118</sup>Em uma explosão ocorre uma abrupta ruptura do recipiente utilizado para confinar a substância que explode. Porém, nem toda explosão é causada por um explosivo. Um recipiente fechado onde se aquece certa quantidade de vapor d'água poderá vir a explodir, mas não poderemos dizer que o vapor d'água é um explosivo porque a energia liberada pela substância foi fornecida por uma fonte externa. No explosivo, a fonte de energia é intrínseca, surge da própria substância que explode (DAVIS, 1998, p.2).

<sup>119</sup>BUCHANAN, 2006, p.4.

A pólvora, a bússola e a imprensa são três invenções que tiveram um grande poder transformador sobre a civilização humana porque foram fontes de poder. No entanto, diferente da bússola e da imprensa, a pólvora somente poderia ser produzida por quem possuísse carvão vegetal, enxofre e salitre. Para que possamos entender porque, a partir do século XV, o Império Otomano<sup>120</sup> se tornou uma grande ameaça à Europa, será necessário que façamos uma análise de onde e como eram produzidas as três substâncias principais que compõem a pólvora.

### II.3.4 O carvão

No século XXI, quando em nossas casas um ferro de passar roupa funciona conectado à tomada de energia elétrica, muitos já ignoram que no início do século XX, na época de nossos pais ou avós, ainda era comum obter a energia necessária para aquecer um ferro de passar roupa através da queima do carvão. Nesta época, que não corresponde a um passado muito remoto, nas cidades o carvão era comprado nos armazéns ou nas carvoarias. Já na região rural, era comum que cada família o soubesse produzir utilizando pequenos pedaços de madeira. Atualmente, o saber produzir carvão faz parte de uma cultura popular que está praticamente perdida no passado.

Em 1540, Vannoccio Biringuccio descreveu algumas técnicas que na época se utilizavam para produzir carvão<sup>121</sup>, as quais permaneceram praticamente sem alteração até o final do século XVIII<sup>122</sup>.

Na produção do carvão, a madeira deverá ser sempre adequada ao uso que se pretenda dar a ele. Para a fabricação da pólvora, o carvão deverá ser feito de madeira macia, como a do salgueiro e da noqueira, cujas árvores

---

<sup>120</sup>O Império Otomano (1299-1922) foi fundado por Osman I, que entre os árabes seria o império de Uthmân, de onde provém a denominação que recebeu no ocidente, *otomano*. Entre o século XVI e o XVII, passou a ser considerado uma das principais potências que ameaçavam a Europa, a qual chegou ao auge no século XVII, época em que governou Solimão, O *Magnífico*, cujos exércitos chegaram às portas de Viena.

<sup>121</sup>BIRINGUCCIO, 1966, p. 173-179.

<sup>122</sup>ÁGOSTON, 2009. p. 103.

deverão ser cortadas na primavera<sup>123</sup> e deixadas para secar durante um período de 18 a 36 meses. Por sua vez, o melhor carvão para ser utilizado nos fornos de fundição será aquele que produz um fogo longo, poderoso e vivo, sem o qual não se conseguirá obter a fusão de alguns metais como o ferro. Neste caso, o carvão deverá ser feito da madeira de árvores grandes e duras, como o carvalho e a azinheira.

O forno onde se fazia o carvão poderia ser grande, construído acima do solo, ou pequeno, construído ao redor de uma pequena cavidade feita no solo. Os fornos pequenos podiam atender às necessidades domésticas ou mesmo às de um ferreiro que precisava de carvão para sua forja. No entanto, para que ele fosse produzido em maior quantidade, como aquela que era necessária às fundições ou fábricas de pólvora, melhor seria construir um forno grande.

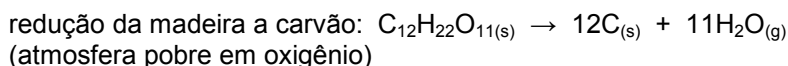
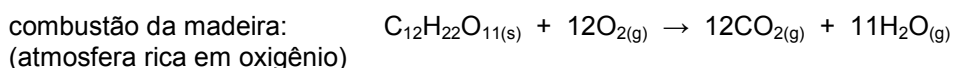
Na construção de um forno grande (Figura II-26), primeiro se fixam ao solo quatro estacas verticais para lhe dar sustentação. Ao redor das estacas, os pedaços de madeira que serão transformados em carvão são pouco a pouco sobrepostos em camadas circulares, camada sobre camada. Ao final, quando foi terminada a construção da estrutura que se eleva apoiada nas quatro estacas, tudo se cobre com vegetação local, como ramos de samambaia. Por último, se faz com argamassa o revestimento do forno, deixando uma abertura no topo, entre as quatro estacas verticais de madeira<sup>124</sup>, e dez ou doze aberturas laterais para a entrada do ar e a saída da fumaça durante o cozimento<sup>125</sup> da madeira.

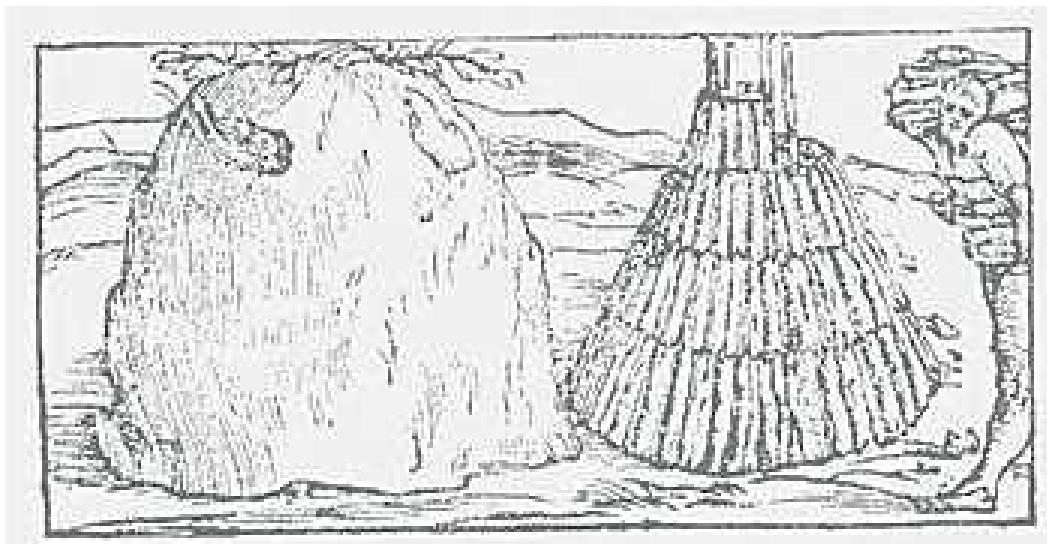
<sup>123</sup>Atualmente se sabe que a melhor qualidade do carvão obtido das madeiras cortadas na primavera se deve ao menor conteúdo de substâncias inorgânicas na seiva das árvores (ÁGOSTON, 2009, p.9).

<sup>124</sup>A composição da argamassa não foi fornecida por Biringuccio. No entanto, esta poderá ser feita de água adicionada à mistura de cal e terra argilosa, uma composição que ainda hoje é utilizada no Brasil para revestir os fornos artesanais (SANTOS, 2007, p.48).

<sup>125</sup>A palavra cozimento será utilizada porque, durante a preparação do carvão, não se deixa queimar a madeira, como faríamos em uma simples fogueira.

Se representarmos as duas reações de forma ideal, a partir da celulose,  $C_{12}H_{22}O_{11}$ , podemos escrever:





**Figura II-26:Um forno grande para carvão.**A figura nos mostra, à direita, a estrutura construída com o empilhamento dos pedaços de madeira que serão transformados em carvão. No lado esquerdo da figura, podemos observar como ficará o forno na sua forma final, após toda a estrutura ter sido revestida com argamassa (Fonte: BIRINGUCCIO, 1966, p.177, Figura II- 23.).

Com o forno construído, será o momento de pôr o fogo no seu interior. Para isso, primeiro se põe fogo nos pequenos pedaços de galhos e folhas secas que foram propositadamente deixados na base do forno, no espaço entre as quatro estacas de sustentação. Após o fogo ter sido iniciado e se espalhado, o buraco localizado no topo do forno deverá ser fechado com argamassa. Durante seis ou oito dias, será observado que através das aberturas laterais do forno há uma forte exalação de fumaça. Quando não mais sair fumaça por essas aberturas, é sinal de que o cozimento deve ter chegado ao fim<sup>126</sup>. Este é o momento em que todas as aberturas laterais deverão ser fechadas para que o fogo “morra asfixiado”<sup>127</sup>. Com o fogo extinto, o revestimento da estrutura poderá ser rompido para que se possa retirar o carvão sem cinzas, e principalmente sem a umidade que o desqualificaria. O carvão é uma substância higroscópica e deve ser armazenado em lugares secos, ou ser usado tão logo tenha sido retirado do forno. O melhor carvão que se usa nos fornos de fundição, ensina Biringuccio, deverá na colisão de seus pedaços produzirem o mesmo som que se obtém na colisão de pedaços de vidro<sup>128</sup>.

<sup>126</sup>Neste momento, haverá a exalação de uma *fumaça de cor azulada* (SANTOS, 2007, p.48).

<sup>127</sup>O fogo é tratado por Biringuccio com um ser vivo que poderá ser morto por asfixia.

<sup>128</sup>BIRINGUCCIO, 1966, p.179.



**Figura II-27:** Construção de um pequeno forno para produzir carvão em uma cavidade circular aberta no solo (Fonte: BIRINGUCCIO, 1966, p.177, figura II- 23.).

O segundo forno para produzir carvão, descrito na *Pirotechnia*<sup>129</sup>, é o pequeno forno construído em uma abertura circular feita no solo, que deverá ter uma profundidade igual ao diâmetro (Figura II- 27). A madeira que se deseja transformar em carvão no forno deverá ser cortada em pequenos pedaços e assentada em círculos ao redor das paredes da cavidade, deixando na região central um espaço vazio que será preenchido com gravetos e folhas secas que servirão para iniciar o fogo. Quando toda a madeira já estiver arrumada, tudo será coberto com vegetação local, como os ramos de samambaia, e que, por sua vez, também será coberta com terra, deixando aberto um orifício central que permita lançar o fogo para o interior do forno. Neste tipo de forno, o cozimento prosseguirá apenas por um período de oito a dez horas, após o qual deveremos “asfixiar o fogo” e retirar o carvão do interior da cavidade.

O aumento crescente na produção de pólvora na Eurásia fez crescer a produção de carvão, o que provocou, em algumas florestas, a extinção de árvores de madeira macia e fez com que algumas nações adotassem medidas que visavam à proteção dessas árvores nas florestas. No Oriente Médio, entre novembro de 1701 e 1703, quando as casas de pólvora existentes somente em Istambul consumiram 14,6 toneladas de carvão, os otomanos passaram a

<sup>129</sup>BIRINGUCCIO, 1966, pp.178-179.

proteger as florestas de salgueiros e proibiram sua extração nas florestas próximas das carvoarias<sup>130</sup>.

### II.3.5 O enxofre

O enxofre é encontrado nos solos sulfurosos das regiões vulcânicas, de onde precisa ser extraído. A Sicília e a Macedônia foram importantes fornecedores desse elemento para a Europa, enquanto para os otomanos eram as terras vizinhas ao Mar Morto que lhes forneciam o enxofre necessário<sup>131</sup>. A necessidade de enxofre nas fábricas de pólvora fez com que os otomanos, no início do século XVI, utilizassem o artifício de liberar do pagamento das pesadas taxas criadas para cobrir as despesas devidas às guerras todos os povoados que conseguiram, com o trabalho de seus habitantes, produzir grande quantidade de enxofre por ano<sup>132</sup>.

### II.3.6 O salitre

O salitre é o mais importante dos ingredientes da pólvora em termos de proporção e função<sup>133</sup>. Nas primeiras pólvoras, o salitre era composto de nitratos de cálcio, sódio e potássio. Entre os três tipos de nitrato, o de potássio é o mais ativo e o melhor. O de sódio é considerado o mais higroscópico, e o de cálcio, o pior dos três<sup>134</sup>. No entanto, no passado, os nitratos eram apenas reconhecidos como salitres. Não se reconheciam diferentes nitratos e muito

---

<sup>130</sup> ÁGOSTON, 2009, p.103.

<sup>131</sup> ÁGOSTON, 2009, p.100-102.

<sup>132</sup> ÁGOSTON, 2009, p.100.

<sup>133</sup> BUCCHANAN, 2006.p.67.

<sup>134</sup> Os nitratos de potássio, sódio e cálcio eram o três tipos de nitratos utilizados na preparação da pólvora. No entanto, o nitrato de potássio era o melhor. O nitrato de sódio, que é o mais higroscópico, e o de cálcio, quando estavam presentes na composição da pólvora a enfraqueciam. No passado, quando se iniciou a produção da pólvora, não era possível reconhecer a existência dos três diferentes tipos de nitratos, e apenas se denominava genericamente de sal os cristais do pó branco (HOWARD, 2006, pp. 24-25).

menos suas diferentes propriedades. No século XVI, o salitre era apenas descrito como uma terra seca que, se fosse retida por um algum tempo, na boca teria um sabor acre e salgado<sup>135</sup>. Na Índia, o produtor rural de salitre reconhecia o bom salitre pela cor e sabor<sup>136</sup>.

As condições climáticas em certas regiões da Índia, da Arábia e da China apresentam uma suficiente distinção entre as estações de chuvas e de seca, o que permite a formação de grandes depósitos naturais de salitre. Os depósitos da Índia eram considerados os melhores para a produção da pólvora<sup>137</sup>.

A Europa era deficiente do principal ingrediente da pólvora. O salitre apenas existia em poucos depósitos naturais, e os mais notáveis estavam na Espanha, Hungria, Polônia-Lituânia e Rússia. No entanto, por ser contaminado pelo nitrato de cálcio e possuindo apenas um pequeno percentual de nitrato de potássio, não poderia ser utilizado sem antes ter passado por algum processo de purificação. A partir do século XIV, com o uso crescente das armas de fogo, as principais potências militares da Europa passaram a importar o salitre.

Na natureza, o salitre é produzido por colônias de bactérias nitrosomonas e nitrobacter que transformam os detritos orgânicos em nitratos. Os europeus, desesperados pela necessidade do escasso salitre, procuravam obtê-lo em qualquer lugar onde ele havia se acumulado, como nas paredes das casas ou nos solos adubados (Figura II-28). A produção artificial de salitre seria fundamental para as principais potências militares da Europa<sup>138</sup>.

---

<sup>135</sup>AGRICOLA, 1950, p. 561.

<sup>136</sup>BUCCHANAN, 2006, p.68.

<sup>137</sup>Em 1793, na região de Bengala, no nordeste da Índia, o salitre era abundante e de baixo custo. Nesta região, sob o domínio da Inglaterra, o salitre se tornou um importante "*commodity of empire*" (BUCCHANAN, 2006, p.67).

<sup>138</sup>ÁGOSTON, 2009, p.97.





**Figura II-28:** Na Europa, o escasso salitre era recolhido em qualquer lugar em que estivesse acumulado, como nas paredes das casas (Fonte: BUCCHANAN, 2006, p.70. *Apud:* Guttman, Oscar. *Monumenta Pulveris Pyrii- reproductions of ancient pictureries concerning the history of gunpowder, with explanatory notes*, London: Artists Press, 1906).

Em 1556, Agrícola, em sua obra de *Re Metallica*, descreveu uma técnica de produção artificial de salitre<sup>139</sup>, a qual somente seria viável onde houvesse uma grande quantidade de terra com material orgânico em decomposição (Figura II-29). Isso obrigou as nações a passarem a ter uma nova categoria de trabalhadores – os coletores –, que tinham autorização para raspar todos os locais das casas e celeiros onde existissem depósitos de nitratos, assim como recolher nas fazendas todo o estrume necessário para a produção de salitre. A coleta do estrume causou muito descontentamento nas populações rurais onde este era necessário para fertilizar os campos<sup>140</sup>. Apesar dos esforços desenvolvidos em diversas nações da Europa, a produção artificial de salitre geralmente não foi capaz de suprir as necessidades das fábricas de pólvora de nações em guerra. Para cada tiro de canhão seriam necessários, em média, 7kg de salitre. O salitre na Europa se tornou mais importante que o dinheiro, porque este poderia ser emprestado, mas não aquele.

Uma nação que não possuísse reservas suficientes de salitre não poderia manter por muito tempo suas armas de fogo em ação. A produção

<sup>139</sup>AGRICOLA, 1950, pp. 561-563.

<sup>140</sup>BUCCHANAN, 2006.p.71.

artificial de salitre consumia uma grande quantidade de matéria prima, como o esterco que, além de produzir danos à produção agrícola, nunca poderia ser obtido em quantidade suficiente nas nações que tinham pequena população e pequeno território, como Veneza. No século XVI, os oficiais encarregados da Artilharia de Veneza já estimavam que todo o estoque de pólvora dos seus arsenais poderia ser consumido durante a guerra em apenas duas semanas, de onde se conclui que, para essas nações, seria mais conveniente optarem por investimentos em sistemas de defesa ou assumirem uma posição de neutralidade durante os conflitos militares<sup>141</sup>.



**Figura II-29:** Produção de salitre na Europa Central (Fonte: BUCCHANAN, Brenda J. *Saltpetre: A Commodity of Empire*. In: *Gunpowders, Explosives and the State – A Technological History*. Edited by Brenda J. Buchanan, University of Bath (UK), 2006, p.73. *Apud*: Lazarus Ercker's *Treatise of 1580*, Guttman *Monumenta* (1906)).

Em 1487, o rei de Portugal enviou até a Etiópia, através do Mediterrâneo e depois por terra, dois viajantes-espiões: Afonso de Paiva e Pêro da Covilhã,

---

<sup>141</sup>O chefe da artilharia em Veneza, em 1565, estimava que 250 toneladas de pólvora fossem necessárias para manter uma batalha durante cinco dias utilizando 50 canhões, considerando que estes consomem 10kg de pólvora em cada tiro, e atiram com uma frequência de 50 a 60 tiros por dia. Cada canhão na artilharia terá um consumo médio de 600kg por dia. Em 1571, um cálculo da mesma natureza estimou que, com o salitre existente nos arsenais, pudessem ser fabricadas 280 toneladas de pólvora, que seriam consumidas em 12 dias (PANCIERA, 2006, p.114).

que deveriam obter informações sobre o reino cristão de Preste João, uma lenda que circulava na época em Portugal. Provavelmente este era o objetivo proclamado da missão, não o verdadeiro objetivo, o qual poderia ser a observação do comércio de especiarias na região. Afonso de Paiva desapareceu durante a viagem, mas Pêro da Covilhã estendeu a sua viagem além da costa oriental da África e alcançou a Índia e a Pérsia. A partir do Cairo, enviou um grande número de informações a D. João II, sobre as quais não se sabe se foram lidas pelo rei e até que ponto motivaram a expedição que deveria descobrir um caminho marítimo para as Índias<sup>142</sup>.

O domínio cada vez maior dos turcos otomanos sobre as rotas comerciais com o Oriente através do Mediterrâneo criou a necessidade de buscar um novo caminho marítimo para as Índias. O mar Índico poderia ser alcançado através do oceano Atlântico? Os navegantes portugueses no final do século XV conseguiram dar uma resposta positiva a esta questão. Mas, para isso, foi necessário considerar uma nova geometria para a superfície da Terra: torná-la definitivamente esférica. Os bravos navegantes portugueses precisaram vencer o medo de cair no possível abismo existente na periferia de um mundo plano e seguir sempre em frente, continuando a navegação costeira para o sul ao longo do litoral da África Ocidental. Nas grandes navegações, em média, morriam 75% da tripulação em cada viagem. Um fato terrível que deixou muitas mães nos portos perdidas em lágrimas à procura de seus filhos. A arte de navegar em mares nunca dantes navegados se aprendeu com suor e lágrimas. O Tratado da Esfera de Johannes de Sacro Bosco (c. 1478) apenas foi traduzido para a língua portuguesa em 1537, quando a Terra já tinha se tornado esférica diante dos navegantes portugueses não como uma afirmação teórica, mas como uma constatação obtida com a prática da arte de navegar.

A descoberta do caminho marítimo entre o Atlântico e o Índico, em 1488, foi fruto da habilidade dos navegantes portugueses, que conseguiram ultrapassar o Cabo da Boa Esperança, ou das Tormentas, em uma missão exploratória chefiada por Bartolomeu Dias, estabelecendo, assim, uma via de passagem entre os oceanos Atlântico e Índico. No entanto, a expansão para o

---

<sup>142</sup>MONTEIRO, 2012, p.212.

oriente somente foi retomada em 1497, quando Vasco da Gama partiu na expedição marítima que deveria “buscar cristãos e especiarias”. A esquadra, que apenas era constituída de duas naus, uma caravela e uma barco de mantimentos, não encontrou reinos cristãos, mas potentados mulçumanos com os quais os portugueses estabeleceram um relacionamento difícil que oscilava entre contatos pacíficos e choques militares. Na nova rota comercial que se estabeleceu ao longo do tempo, surgiram vários conflitos de interesses entre os navegantes portugueses e diferentes povos na África e na Ásia, muitos dos quais foram resolvidos através do poder outorgado pelas armas. Nos portos do mar Índico, a artilharia transportada pelas naves portuguesas não era coisa nova, e em alguns deles já existia mais poderosa, em maior número, mas pouco eficiente por ser mal servida<sup>143</sup>.

Após a expedição de Vasco da Gama, seguiu para as Índias uma segunda missão, esta sob o comando de Pedro Álvares Cabral (Figura II-30), com o objetivo de estabelecer uma feitoria em Calecut e realizar atividades de corso através da captura de navios mouros que transportassem especiarias. Na viagem de ida, durante esta expedição, é que ocorre o controverso “descobrimento” do Brasil. Na chegada a Calecut, a expedição não foi bem recebida, o que motivou Cabral a executar o bombardeamento da povoação e seguir para Cochim e Cananor, onde obteve o valioso carregamento de especiarias que deu razão a que outras missões voltassem à região e estabelecessem uma rentável rota comercial.

---

<sup>143</sup>CORDEIRO, 1895, p.36.

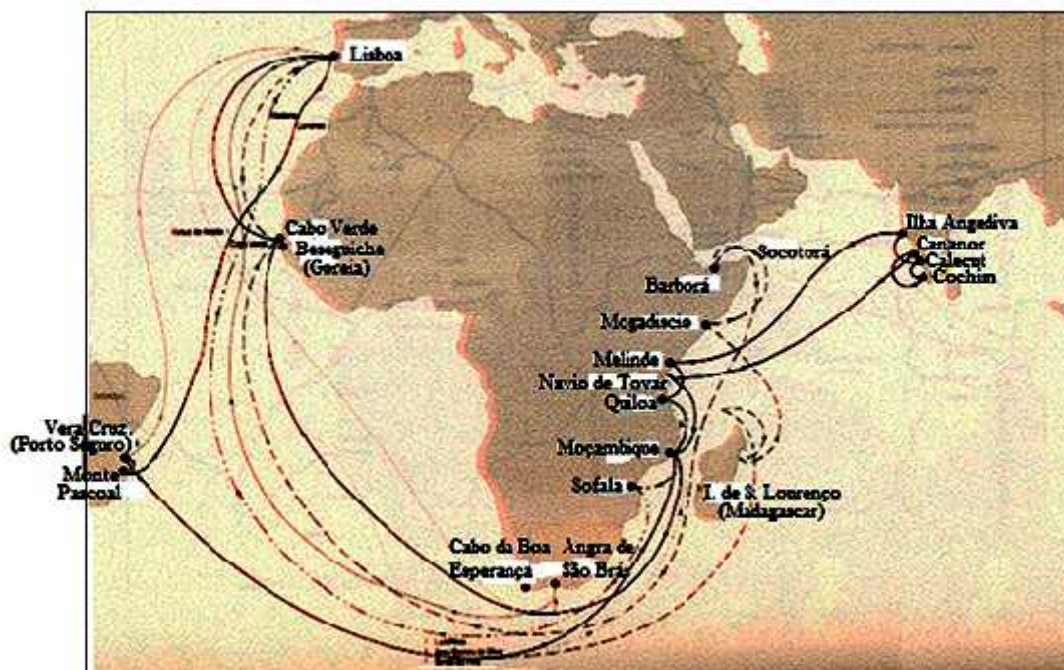


Figura II-30: Viagem de Pedro Álvares Cabral (1500-1501). A linha cheia representa a trajetória de ida e volta seguida por Cabral. As outras trajetórias representadas correspondem àquelas seguidas por Nicolau Coelho, Gaspar de Lemos, Pedro Leitão da Cunha, Diogo Dias, Sancho de Trovar e Simão de Miranda. (Fonte: MONTEIRO, Nuno Gonçalo. *Idade Moderna (Séculos XV-XVIII)*. In: *História de Portugal*. RAMOS, Rui (coordenador); SOUSA, Bernardo Vasconcelos e; MONTEIRO, Nuno Gonçalo. A Esfera dos Livros, Lisboa, 2012, mapa II.3. Apud: A.H.Oliveira Marques. *Atlas Histórico de Portugal e do Ultramar Português*. Lisboa, 2003).

A arma de fogo transportada nas naus não produziu na Índia o mesmo impacto produzido nos ameríndios no Brasil. Quando os portugueses chegaram na Índia, a pólvora e armas de fogo já eram conhecidas. Na época, as conquistas de Portugal no Oriente foram facilitadas pelo fato de a China e a Pérsia estarem ocupadas com questões internas, e a Península Indiana ser uma região dividida em principados rivais. Neste cenário, foi relevante a capacidade portuguesa para forjar alianças e “dividir para reinar”, sem a qual não teria conseguido assentar na região feitorias e fortalezas, em sua maior parte localizadas em ilhas, as quais deveriam dar apoio às atividades lucrativas que combinavam o comércio pacífico com o corso<sup>144</sup>. Na opinião dos historiadores Charles Boxer e Carlo Cipolla<sup>145</sup>, a supremacia marítima de Portugal na região decorreu do fato das naus portuguesas serem verdadeiras fortalezas flutuantes, transportando artilharia a bordo, o que nenhum dos povos que navegavam no Índico conseguia fazer com eficácia comparável.

<sup>144</sup>MONTEIRO, 2012, p. 221.

<sup>145</sup>MONTEIRO, 2012, p.221, Apud: Vitorino Magalhães Godinho. “Finanças públicas e estrutura dos Estados”, In: Joel Serrão (dir.). *Dicionário de História de Portugal*. Lisboa, 1964-1971.

Os portugueses chegaram a Goa pela primeira vez em 4 de março de 1510, quando a cidade estava dominada pelos mulçumanos que tinham assassinado toda a família real local. Como aliados dos goeses, combateram os mulçumanos até que, finalmente, em dezembro de 1510, conseguiram expulsar definitivamente os invasores. Como resultado de uma forte aliança com o poder local, os portugueses tornaram o porto de Goa um importante ponto de apoio à presença dos portugueses no mar Índico. Portugal não conseguiu obter exclusividade nas rotas comerciais do Oceano Índico porque lhe faltavam produtos adequados para trocar por especiarias. Assim sendo, a rota comercial se estabeleceu através do controle militar da região, que foi centralizado em Goa a partir de 1510. Por volta de 1530, essa cidade passou a ser considerada a cabeça do governo português no oriente<sup>146</sup>.

Na Índia, mesmo antes da chegada dos portugueses, já era produzido um excelente salitre, o qual passou a ser enviado em pequenas quantidades para Portugal e Espanha<sup>147</sup>. Com o passar do tempo, o comércio com a Índia passou a atrair a cobiça dos ingleses e holandeses, que procuram se fixar em Surat. A partir de 1600, quando já reinava em Portugal o rei da Espanha, os ingleses, holandeses e franceses passaram a estabelecer oficialmente rotas comerciais no mar Índico através da criação das denominadas Companhias das Índias Orientais. Inicialmente, as Companhias demonstraram pouco ou nenhum interesse pelo salitre porque este tinha pequeno valor comercial se comparado às demais especiarias, e apenas o transportavam como lastro sempre que não houvesse açúcar para transportar<sup>148</sup>. Para a Companhia das Índias, os interesses comerciais estavam acima dos interesses de origem política ou militar. No entanto, em meados do século XVII, a Inglaterra passou a ter seu consumo de pólvora aumentado, o que tornou necessário ao Estado inglês começar a fazer grandes encomendas de salitre à Companhia Britânica das Índias Orientais. Em 1653, essas encomendas chegaram a 200 toneladas,

---

<sup>146</sup>MONTEIRO, 2012, pp. 212-217

<sup>147</sup>BUCCHANAN, 2006.p.75.

<sup>148</sup>BUCCHANAN, 2006, p.76.

e em 1657 o salitre já tinha se tornado um dos mais importantes produtos comercializados pela Companhia inglesa<sup>149</sup>.

Ainda no século XV, os otomanos, como os europeus, seus principais rivais, transformaram em monopólio do Estado a produção de armas e munição, para o qual foi importante o estabelecimento do controle sobre as regiões produtoras de salitre e pólvora. Com o passar do tempo, para manter com poucos recursos financeiros o fornecimento de pólvora para o que se tornou uma gigantesca máquina de guerra, eles fizeram da produção um empreendimento privado, porém sob um rígido controle do Estado. Nas aldeias, o trabalho na produção de matéria-prima era remunerado através da isenção de impostos. No século XVII, quando o Império Otomano chegou ao seu auge, já eram milhares de famílias, em centenas de vilas, que produziam salitre para as fábricas de pólvora localizadas em Salonica<sup>150</sup> e Istambul<sup>151</sup>. Nessa época, a Espanha era o principal rival do Império Otomano no Mediterrâneo. No século anterior, no entanto, o rei Felipe II obtivera resultados insatisfatórios com o controle do Estado sobre a produção de salitre para as fábricas de pólvora. A Espanha era uma das poucas nações da Europa que possuíam reservas naturais de salitre capazes de suprir as suas necessidades, mas dois velhos inimigos do Estado, o contrabando e a produção ilegal de pólvora, foram capazes de reduzir a produção oficial de pólvora e salitre e deixaram a Espanha dependente da importação. Em contraste, o controle estatal do Império Otomano foi mais eficiente em manter os otomanos autossuficientes em salitre e pólvora até o final do século XVII, quando o consumo de pólvora chegou a 540 toneladas por ano<sup>152</sup>. O aumento da velocidade do consumo obrigou os otomanos a iniciarem uma importação crescente de salitre para complementar a produção interna. Em 1693, mais da metade do salitre consumido já era comprado no mercado. No final do século XVII, seu gasto com essa compra correspondia a 54 por cento do custo final da

---

<sup>149</sup>BUCCHANAN, 2006, p.77.

<sup>150</sup>A cidade de Salonica, localizada ao norte da Grécia, permaneceu sob o domínio dos otomanos até 1912. A população desta cidade, em sua maioria, era judaica *sefardita*, em consequência da expulsão dos judeus da Espanha depois de 1492. A língua mais usada era o *ladino*, que derivava do castelhano, e o dia oficial de descanso na cidade era o sábado (Fonte <http://pt.wikipedia.org/wiki/Salonica>, em 26/06/2012).

<sup>151</sup>ÁGOSTON, 2009, p.98

<sup>152</sup>ÁGOSTON, 2009, p.125.

pólvora e continuou crescendo, chegando a corresponder a 84 por cento nas primeiras décadas do século XVIII. Apesar do significativo aumento do custo do salitre na indústria de pólvora, para os otomanos o valor final do investimento era pequeno comparado às outras despesas de guerra, e correspondia apenas a um mês do salário pago aos 53.849 janízaros<sup>153</sup> que serviam ao Sultão em 1670.

### II.3.7 A fábrica de pólvora

A pólvora não é o produto de uma reação química, mas sim uma mistura obtida através de um processo mecânico denominado incorporação. Para fabricá-la, primeiro os seus três principais componentes deverão ser reduzidos a pó. A seguir, durante horas, as partículas do pó de salitre, enxofre, e carvão serão pressionadas umas contra as outras até que fiquem bem próximas, do que resultará um pó muito fino e negro que, se for agitado, poderá facilmente tomar conta do ar<sup>154</sup>.

Na Europa Ocidental, em meados do século XVI, preparavam-se mais de 20 tipos diferentes de pólvora, nos quais a quantidade do seu principal componente, o salitre, variava entre 50 e 85 por cento da massa total. Em 1540, Biringuccio recomendava a fabricação de quatro tipos de pólvora<sup>155</sup>. Para as armas pesadas deveria ser em pó com 50 por cento de salitre, composta por três partes de salitre, uma de enxofre e duas de carvão (3:1:2). Para as armas médias, seria feita em grãos com um percentual de salitre de 67 por cento<sup>156</sup> e composta por cinco partes de salitre, uma de enxofre e uma e meia de carvão (5:1:1,5). Nos arcabuzes<sup>157</sup> e pistolas, se usaria pólvora em grãos com o mais

---

<sup>153</sup>Os janízaros constituíam a elite do exército dos sultões otomanos. A força foi criada pelo Sultão Murad I, por volta do ano 1330, e era formada por crianças não muçumanas, geralmente cristãs, que tinham sido capturadas em batalha e, como escravas, convertidas ao Islã.

<sup>154</sup>KELLY, 2004, pp.58-59.

<sup>155</sup>BIRINGUCCIO, 1966, p.413.

<sup>156</sup>No texto *A Pirotechnia*, Biringuccio nada afirma sobre como produzir os grãos nem sobre suas dimensões.

<sup>157</sup>A pólvora em grãos começou a ser usada em meados do século XV, quando o arcabuz sequer tinha sido inventado. O uso do arcabuz apenas pode ser entendido após se ter passado



elevado percentual de salitre (79 por cento), composta de dez partes de salitre, uma de enxofre e uma de carvão (10:1:1).

Os polvoristas eram artesãos militares e, como mercenários, circulavam pela Eurásia tornando a composição da pólvora em cada uma das nações cada vez mais parecida e próxima da que atualmente os especialistas consideram ideal: 74,64 por cento de salitre; 11,85 por cento de enxofre; 13,51 por cento de carvão vegetal<sup>158</sup>. Em meados do século XVII, o Império Otomano já produzia pólvora com uma composição semelhante às melhores pólvoras produzidas na Europa (Tabela II-1)<sup>159</sup>. No entanto, a boa pólvora não depende apenas de quanto de salitre, enxofre e carvão existe na sua composição. A pureza de cada um destes três componentes é fundamental.

**Tabela II-1:** A composição da pólvora em diversas nações, em diferentes épocas. (FONTE: ÁGOSTON, 2009, p.156).

Data	País	Salitre (%)	Enxofre (%)	Carvão (%)
1546	Alemanha	50,0	33,3	16,7
1550s	França	75,0	11,5	13,5
1555	Alemanha	66,7	22,2	11,1
1560	Suécia	66,6	16,6	16,6
1571	Império Otomano	72,4	9,8	17,8
1595	Alemanha	52,2	21,7	26,1
1598	França	75,0	12,5	12,5

a utilizar pólvora em grãos que queimava mais rapidamente e permitia que fosse possível ao projétil do arcabuz ter velocidade supersônica (HALL, 999, p. xxvii).

<sup>158</sup>HOWARD (2006, p.22) afirma que a forma clássica da pólvora corresponde a 75% salitre, 10% enxofre, e 15% carvão, ou a composição com 75% de salitre e partes iguais a 12,5% de carvão e enxofre (6:1:1).

<sup>159</sup>Na tabela 1, apresentada por Gábor Ágoston (2009, p.156), apesar de não fazer nenhuma referência à pólvora produzida em Portugal, não demos de deixar de considerar que o engenheiro militar português Manoel de Azevedo Fortes afirmou em sua obra intitulada *O Engenheiro Português*, tomo II, publicado em 1729, na página 451, que Portugal fabricava uma pólvora considerada uma das melhores da Europa. Com a denominação de *pólvora fina*, a pólvora portuguesa era uma mistura onde de um total de 8 partes de mesma massa, 6 partes eram de salitre (75%), 1 era de enxofre (12,5%) e 1 de carvão (12,5%).

1608	Dinamarca	68,3	8,5	23,2
1642-43	Império Otomano	75,0	12,5	12,5
1649	Alemanha	66,7	14,6	16,5
1650	França	75,6	13,6	10,8
1650s	Áustria (para mosquete)	70	13	17
1650s	Áustria (para canhão)	66,9	14,3	18,8
1673-74	Império Otomano	69,0	15,5	15,5
1679-80	Império Otomano	75,0	12,5	12,5
1686	França	76,0	12,0	12,0
1686-89	Império Otomano	71,4	14,3	14,3
1689-90	Império Otomano /Istambul	75,0	12,5	12,5
1690s	Império Otomano /Esmirna	77	13,4	9,6
1696	França	75,0	12,5	12,5
1696-97	Império Otomano /Istambul	75,0	12,5	12,5
1697	Suécia	73	10	17
1699-1700	Império Otomano	75,0	12,5	12,5
1700	Suécia	75	16	9
1742	Inglaterra e Europa	75,0	12,5	12,5
1793-94	Império Otomano	77,1	10,4	12,5
1794-95	Império Otomano	75,8	10,5	13,7

A pólvora em pó<sup>160</sup> era a única que se fabricava até a primeira metade do século XV<sup>161</sup>. Nas oficinas, a possibilidade de o pó se difundir no ar tornava

<sup>160</sup>A pólvora em pó era denominada de *serpentina* ou *polvorim* (CORDEIRO, 1895, p.48).

<sup>161</sup>HALL, 1999, p. xxvii.

o manuseio da pólvora uma atividade muito perigosa. No transporte seria sempre mais seguro que o salitre, o enxofre e o carvão fossem mantidos separados e assim armazenados. No local, onde se desejasse obter pólvora, com *pilão* socando os três ingredientes no interior do *almofariz*, esta poderia ser feita à medida que fosse necessária (Figura: II-31). Mas uma simples fagulha durante a incorporação da pólvora poderia causar um grave acidente. Nas oficinas que fabricavam pólvora, em meados do século XVI, Biringuccio recomendava o uso de moinhos, semelhante aos que eram utilizados na produção do vinho [moinhos de galga], ou de pesados pilões com extremidades de bronze que socariam a pólvora no interior de almofarizes de madeira para evitar fagulhas, e tudo movido por rodas d'água semelhantes às que na época eram utilizadas na Europa para mover os martelos nas forjas <sup>162</sup>.



**Figura II-31:** Incorporação da pólvora no século XIV (Fonte: KELLY, JACK. *Gunpowder – Alchemy, bombs, and Pyrotechnics: The History of the Explosive that Changed the World*. New York: Basic Books, 2005, p.37).

O carvão e o salitre são substâncias higroscópicas, o que dá à pólvora uma tendência natural de absorver a umidade do ar e deixar reduzido o poder do explosivo <sup>163</sup>. Assim sendo, a pólvora armazenada em locais úmidos se deteriora rapidamente pelo acréscimo de umidade a sua composição. Tal fato, no passado, exigia um trabalho constante do polvorista para mantê-la seca. A

<sup>162</sup>BIRINGUCCIO, 1966, p.414.

<sup>163</sup>Quando o conteúdo de água na pólvora é superior a 1%, a pólvora começa a perder o seu poder (KELLY, 2005, p.59).

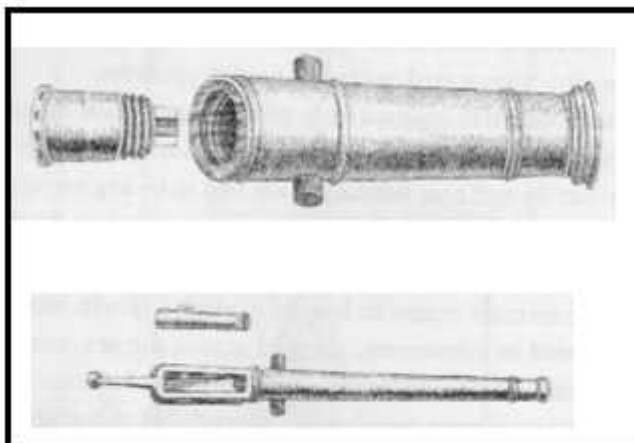
umidade desqualificaria a pólvora ainda com mais facilidade se o seu salitre estivesse contaminado pelo nitrato de cálcio, o mais higroscópico dos três nitratos que o compõem.

A combustão das partículas de pó de pólvora se faz com maior rapidez quando existem pequenos espaços entre elas, o que possibilita a rápida circulação dos gases quentes provenientes da própria queima e do oxigênio liberado pelo salitre. Na pólvora em pó compactada, os espaços entre as partículas são menores, e a queima então se torna mais lenta<sup>164</sup>. No passado, os chineses utilizaram a pólvora compactada como propelente de pequenos “foguetes”, quando a queima lenta era necessária. Nas grandes armas de fogo, os tiros terão um maior alcance se o projétil for acelerado ao longo de toda a extensão do cano, o que somente ocorre quando a pólvora queima lentamente. Por esta razão, estas armas eram mais eficazes quando carregadas com pólvora em pó (*polvorim*). Nas armas pequenas, o *polvorim* produz tiros fracos que não lançam os projéteis das armas a grande distância. Os artilheiros, para diminuir a velocidade da queima e melhorar a eficiência dos tiros, nas armas grandes utilizavam socar a pólvora no fundo das câmaras e não as preencherem totalmente com pólvora. O ato de dar carga a uma *bombarda* era complexo e poderia consumir várias horas. Em um mesmo dia não se conseguia disparar vários tiros com uma mesma arma. Em 1437, durante o cerco da cidade de Metz, em um dia apenas se conseguiu fazer três disparos com uma *bombarda grossa*<sup>165</sup>. Para aumentar a frequência dos tiros, as bombardas passaram a utilizar câmaras que eram acopladas às armas já carregadas (FiguraII-32).

---

<sup>164</sup>Como na madeira em pó, a serragem também queima mais lentamente do que a mesma quantidade de madeira formada por gravetos.

<sup>165</sup>KELLY, 2004, p.60.



**Figura II-32:** Bombardas com câmaras que eram acopladas à arma já carregada (Fonte: KELLY, JACK. *Gunpowder – Alchemy, bombards, e Pyrotechnics: The History of the Explosive that Changed the World*. New York: Basic Books, 2005, p.60).

O risco de manusear a pólvora em pó poderia ser diminuído evitando a sua difusão no ar. A introdução de uma pequena quantidade de líquido na pólvora em pó faria dela uma pasta que se manuseava com maior segurança. A aguardente (*aqua vitae*), ou vinagre, ou até mesmo a água comum eram utilizados para este fim até o início do século XVI<sup>166</sup>. A pasta de pólvora poderia ser transformada em grandes “broas” antes de secar e, assim, ser transportada com maior segurança. As “broas” secas eram fragmentadas em pilões, e seus fragmentos eram utilizados para dar carga às armas. No entanto, como fruto do acaso, os artilheiros descobriram, sem entender o porquê, que a pólvora em fragmentos era mais poderosa que a pólvora em pó. Assim sendo, a pasta de pólvora passou a ser prensada através de peneiras para produzir a pólvora em grãos.

Um dado volume pastoso de pólvora, quando transformado em grãos, passa a ter uma área superficial maior do que a que possuía antes de ser granulado. Assim sendo, quanto maior for a quantidade de grãos que se faz a partir de um mesmo volume inicial de pólvora, maior será a área total da superfície de contato do volume com o ar. O aumento da área superficial de um dado volume de pólvora torna a sua queima mais rápida, isto é, uma pólvora mais potente. No entanto, esta regra tem um limite, porque se os grãos se tornam tão pequenos que a pólvora foi reduzida a pó, a rápida circulação dos gases quentes provenientes da própria queima e do oxigênio liberado pelo

<sup>166</sup>Na opinião de Biringuccio, a água ardente e o vinagre não davam um melhor resultado que a simples mistura de água ao pó da pólvora (BIRINGUCCIO, 1966, p.413).

salitre fica reduzida por falta de espaço livre entre as partículas, o que ocasiona perda de potência da pólvora.

No século XV, tão logo a pólvora em grãos passou a ser produzida, ela já se mostrou mais poderosa que o *polvorim*, um efeito final que intrigava a todos os artilheiros e que possibilitava obter um mesmo alcance no tiro com economia da preciosa pólvora. Assim sendo, a fabricação da pólvora em grãos de diferentes tamanhos rapidamente passou a ser uma técnica universal.

Um maior tamanho nos grãos produzia uma queima mais lenta, o que era melhor para dar carga aos canhões; enquanto que nas armas menores a queima deveria ser mais rápida, o que se obtinha com grãos pequenos. A partir de então, a pólvora passou a ser produzida em até quatro formas diferentes: *polvorim* (em pó); *finá* (grãos menores); *entre fina* (grãos médios); e *grosseira* ou *bombardeira* (grãos maiores). Sua composição se tornou diferente para cada tamanho de grão.

O *controle do tamanho do grão* de pólvora foi uma inovação que se iniciou na primeira metade do século XVI. Entretanto, nesta mesma época, os dois mais importantes trabalhos sobre o tema, ambos escritos em contato com o grande desenvolvimento das técnicas que ocorriam na época em Veneza, ainda não demonstravam que de fato havia um claro conhecimento sobre a razão de se produzir pólvora em grãos. Na *Pirotechnia* há uma referência à pólvora em grão, porém nenhuma observação foi feita sobre que tamanho deveriam ter os grãos nos diversos tipos de pólvora<sup>167</sup>. Em Veneza, durante as décadas de 30 e 40 do século XVI, a pólvora em grão já era utilizada nos arcabuzes, enquanto nas peças da artilharia ainda se usava *polvorim*, que também era conhecido por *serpentina*. Em 1554, em Veneza, o matemático Niccolò Tartaglia considerava que a pólvora em grãos era mais conveniente apenas porque facilitava a carga nos arcabuzes, pois os grãos deslizavam melhor para o fundo do estreito cano durante o carregamento da arma. Para Tartaglia, a potência de uma pólvora dependeria apenas da quantidade de salitre existente na mistura<sup>168</sup>.

---

<sup>167</sup>BIRINGUCCIO, 1966, p. 413.

<sup>168</sup>PANCIERA, 2006, p.99.

**Tabela II-2:** Os diferentes tipos de pólvora que se produziam em Veneza, na segunda metade do século XVI, e as correspondentes composições.

	Salitre	Enxofre	Carvão
Fina	6[75%]	1[12,5%]	1[12,5%]
Grossa	4[66,7%]	1[16,7%]	1 [16,7%]

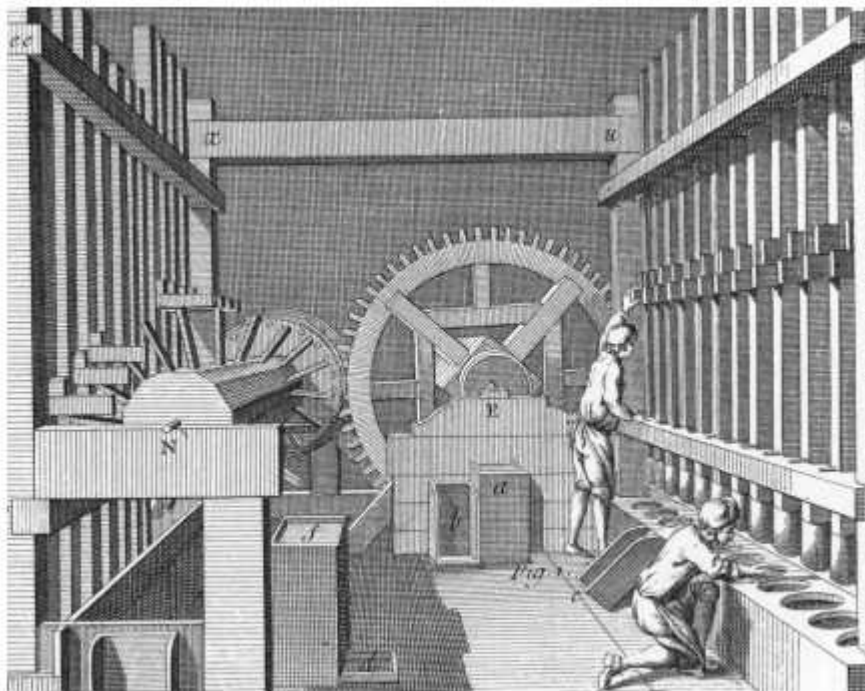
Na segunda metade do século XVI, no Estado de Veneza<sup>169</sup>, a pólvora era produzida com grãos de dois tamanhos, o que correspondia à pólvora *grossa* (grão maior) e *finá* (grão menor), e com composições diferentes, 6:1:1 e 4:1:1 (Tabela II-2). Em 1580, o Senado de Veneza autorizou que fosse feito um estudo comparativo para verificar qual dos dois tipos de pólvora tornava um mesmo canhão mais eficiente<sup>170</sup>. Todos os tiros deveriam ser disparados por uma mesma boca de fogo e usando balas de 25kg. Com uma carga de 12kg de pólvora fina, se obteve um alcance [máximo] de 3765 metros, enquanto que com o uso de uma carga de 16kg de pólvora grossa, o alcance [máximo] foi de 3296m. A pólvora fina parecia ser a melhor para dar carga aos canhões. No entanto, em outros testes se produziam resultados conflitantes que não permitiam que se concluísse qual tipo de pólvora tornariam os canhões mais eficientes e, conseqüentemente, mais econômica para o Estado<sup>171</sup>. Portanto, mesmo sem um resultado conclusivo, foi decidido que apenas a pólvora fina seria fabricada, apesar de ter um custo de fabricação maior. No início do século XVII, o Senado tomou a decisão contrária, e apenas a pólvora em grãos com a composição 5:1:1 seria fabricada, e não com a antiga composição 4:1:1. Mais tarde, uma pólvora em grãos na composição 6:1:1 passou a ser produzida para uso específico nos mosquetes<sup>172</sup>.

<sup>169</sup>O Estado de Veneza possuía fábricas de pólvora nas cidades de Pádua, Brescia e Veneza.

<sup>170</sup>O canhão é *eficaz* quando alcança os resultados planejados. Porém, se o fizer com o menor recurso possível, será considerado *eficiente*.

<sup>171</sup>Em outros capítulos desta Tese são estudados o alcance dos tiros dos canhões e a forma como se pode obter o seu valor máximo. Até meados do século XVIII, como os canhões tinham almas lisas e lançavam balas esféricas, algumas das variáveis que interferiam no resultado final do alcance eram aleatórias.

<sup>172</sup>PANCIEIRA, 2006, pp.100-105.



**Figura II-33:** Os engenhos de pilões eram utilizados para reduzir a pó os três ingredientes primários da pólvora (salitre, enxofre e carvão), assim como para misturar e homogeneizar a pasta formada por esses ingredientes primários (Fonte: Pormenor da gravura da Enciclopédia de Diderot (1768). In: PIVA, Teresa C. C.; FILGUEIRAS, Carlos A. L.. *O Fabrico e uso da Pólvora no Brasil Colonial: O papel de Alpoim na Primeira Metade do Século XVIII*. Química Nova, Volume 31, Nº 4, 930-936, 2008).

As fábricas de pólvora utilizavam cavalos ou a energia hidráulica para mover os seus engenhos. Por ser mais barato e de fácil manutenção, o engenho de uso mais difundido era o de pilões que socavam os ingredientes da pólvora no interior da pia-almofariz, a qual geralmente era feita de pedra de origem calcária (mármore), o que diminuía a possibilidade de produção de faíscas (Figura II-33). Um segundo tipo de engenho, o de galga, utilizava uma ou duas pesadas rodas de pedra no lugar dos pilões, as quais giravam sobre uma superfície plana geralmente revestida de cobre. Os engenhos de galga aumentavam a produtividade das fábricas e ofereciam maior segurança durante a incorporação dos ingredientes primários da pólvora por oferecerem menor risco de produzir faíscas.

No Estado de Veneza, na segunda metade do século XVI, os dois tipos de engenhos eram utilizados nas fábricas localizadas nas cidades de Pádua, Brescia e Veneza. Nesta última, por motivo de segurança, a partir de setembro 1569, a pólvora deixou de ser produzida no interior da cidade, no Arsenal, e



passou a ser produzida em uma fábrica afastada da região urbana<sup>173</sup>. Os engenhos de galga, movidos com energia hidráulica, eram utilizados apenas para pulverizar os ingredientes primários. Nos engenhos de pilões, movidos por tração animal, se fazia a incorporação da pólvora com a introdução de água na mistura para diminuir o risco de acidentes, e durante cerca de três horas os pilões socavam a mistura. Em seguida, a pasta resultante era pressionada através de peneiras de cobre para que assim fossem obtidos os *grãos de pólvora* que, após secarem, eram colocados em barris. A produção de *pólvora fina* era mais demorada. Na incorporação, os pilões eram mantidos por 4 a 5 horas socando a mistura e, a seguir, a pólvora era forçada a passar por diversas vezes através de peneiras finas. A propriedade higroscópica da pólvora e de seus componentes tornava a Primavera a época do ano mais adequada para a produção de pólvora em Veneza.

Os bombardeiros deveriam saber avaliar a qualidade da pólvora. No caso de encontrarem uma pólvora em grãos degradada, esta deveria ser entregue ao polvorista para que a reduzisse a pó no moinho e acrescentasse a quantidade de salitre que lhe faltava. Para os bombardeiros fazerem essa avaliação, utilizavam algumas técnicas empíricas. Uma pequena porção de pólvora deveria ser pressionada entre os dedos da mão. No caso de se verificar que estalava, como se estivesse quebrando, era porque possuía carvão em demasia. Mas se, depois de pressionada, se mantinha unida, era sinal de que esta não era boa. A pólvora também poderia ser avaliada observando-se como queimava sobre uma folha de papel. Quando a queima era rápida e não deixava resíduos sobre o papel, era uma boa pólvora. Mas se resíduos permaneciam no papel, era porque ela possuía muito carvão. No caso de o resíduo ser formado por pequenos grãos vermelhos, é porque havia pouco salitre<sup>174</sup>.

---

<sup>173</sup>Na noite de 13 para 14 de setembro de 1569, os agentes turcos do Império Otomano, em guerra com Veneza, provocaram um terrível incêndio no Arsenal de Veneza, o que fez com que fosse tomada a decisão de afastar a Fábrica de Pólvora da região urbana da cidade (PANCIEIRA, 2006, p.109).

<sup>174</sup>PANCIEIRA, 2006, p.105.

### II.3.8 Produção de pólvora em Portugal e suas colônias

Antes do século XIII, provavelmente foram os árabes os introdutores das técnicas de fabricação da pólvora na Península Ibérica<sup>175</sup>, uma mistura que era utilizada com o objetivo de ser incendiária<sup>176</sup>. Os primeiros documentos que fazem referências ao uso da pólvora em Portugal surgem em uma época em que havia, na Península, uma disputa pelo reino de Castela entre dois irmãos, D. Pedro e D. Henrique. Em 23 de março de 1369, D. Henrique, após assassinar seu irmão, deu fim à longa disputa. Nessa época, muitos fidalgos espanhóis aliados do rei de Castela assassinado se refugiaram em Portugal e incentivaram D. Fernando I, rei de Portugal (r.1367-1383), a fazer valer seu direito ao reino de Castela por parte de mãe, D. Constança. O ambicioso rei português não tardou a se aliar ao rei de Aragão e ao rei mouro de Granada para, juntos, combaterem o novo rei de Castela. Inicialmente, D. Fernando fez algumas conquistas na Galícia. Por sua vez, D. Henrique II se mostrou forte e poderoso. Com seu exército conquistou algumas aldeias na Galícia e seguiu para o sul invadindo Portugal até tomar posse da cidade de Braga. Não podendo seguir para o sul devido à resistência oferecida pelos portugueses na cidade de Guimarães, os castelhanos seguiram para nordeste invadindo Bragança, Vinhais e Miranda. A invasão ao território português foi interrompida porque o rei mouro de Granada estava invadindo as terras de Castela na Andaluzia. Para lá D. Henrique seguiu com seu exército. No ano seguinte, em 1370, fidalgos castelhanos que se opuseram ao novo rei eram mantidos sitiados na cidade de Rodrigo. No cerco, D. Henrique utilizou engenhos e *trons* (artilharia), uma nova arma que poucos conheciam. Os soldados portugueses que lutavam em auxílio aos fidalgos sitiados ouviram ali pela primeira vez o soar dos *trons*, um barulho ameaçador<sup>177</sup>.

---

<sup>175</sup>A Espanha, nos séculos XII, XIII e XIV, achava-se dividida em grande número de pequenos Estados, cristãos e mouros, sempre em estado de guerra e anarquia. Na batalha entre os mouros de Túnis e os de Sevilha, em 1108, entre as armas utilizadas há referência àquelas que atiravam *trons de fogo*, que era o nome que foi utilizado na península até o século XIV para se referir à pirometalurgia (CORDEIRO, 1895, p.11).

<sup>176</sup>QUINTELA, CARDOSO, MASCARENHAS; 2006, p. 123.

<sup>177</sup>CORDEIRO, 1895, p. 30.

Em 1381, os portugueses combateram os castelhanos em Lisboa usando pela primeira vez *trons*<sup>178,179</sup>. A nova arma era estrangeira e lhes foi fornecida por seus aliados, os ingleses. A pólvora fina necessária para alimentar as bocas de fogo pode ter sido preparada em Portugal, no local da batalha, como era de costume. Os polvoristas não eram portugueses, mas sim estrangeiros, como a arma<sup>180</sup>. Em 1383, a nova arma já estava embarcada nos navios de João Gonçalves Zarco, os primeiros a ter artilharia em Portugal, mas pode nunca ter sido utilizada<sup>181</sup>. Em 1385, na Batalha de Aljubarrota, os espanhóis utilizaram a artilharia pela primeira vez em campanha na luta contra os portugueses. As tropas castelhanas assumiram no campo de batalha uma configuração com as *bombardas* na vanguarda, armas que atiravam balas de pedra e causaram muita admiração e espanto aos portugueses<sup>182</sup>, como foi relatado por Fernão Lopes na Crônica de D. João I:

[...] Em isto, a avanguarda dos inimigos, de gente mui guarnecida e de fortaleza mais abastante, começou de se fazer prestes pêra mover sua batalha, sendo já o dia tão derribado que passava a hora de véspera. E pero tantos fossem e bem corrigidos, ainda se nom atreveram de os cometer com armas, sem primeiro tirando com uma az de trons que ordenada tinham diante para os espantar e fazer fugir, nos quais, posto fogo e esparando pedras, delas nom fizeram nojo, e outras empeceram de má maneira, Ca uma deu na avanguarda do condestabre e matou dous escudeiros, ambos irmãos, juntamente, e outra de a um estrangeiro; e estes três foram mortos delas, a qual cousa foi aos portugueses grande espanto e havido por esquivo começo [sic].<sup>183</sup>

Na batalha, apesar de os castelhanos terem feito uso de bombardas, a vitória final foi portuguesa. Na Batalha de Aljubarrota, D. João I se consolidou como o novo rei de Portugal, para o que muito contribuiu a aliança Luso-Britânica. Em reconhecimento à importante aliança, D. João I pediu em casamento a inglesa D. Filipa de Lencastre e mandou edificar o grandioso

<sup>178</sup>CORDEIRO, 1895, pp.30-31.

<sup>179</sup>QUINTELA, CARDOSO, MASCARENHAS, 2006, p.124, *apud*: Nuno Rubim, 'A Artilharia em Portugal na Segunda Metade do Século XV', *A Arquitetura Militar na Expansão Portuguesa* (Lisboa: Comissão Nacional para as Comemorações dos Descobrimentos Portugueses, 1994), pp. 17-26.

<sup>180</sup>QUINTELA, CARDOSO, MASCARENHAS, 2006.p.124.

<sup>181</sup>CORDEIRO, 1895, p.32.

<sup>182</sup>CORDEIRO, 1895, p.34.

<sup>183</sup>LOPES, 2000, Capítulo XLII, p.148.

Mosteiro da Batalha. A paz definitiva com Castela apenas se estabeleceu em 1411 com o Tratado de Ayllón. Com a nova dinastia portuguesa, a da Casa de Avis, Portugal iniciou o período mais marcante da sua história, a Era dos Descobrimientos.

A partir da Batalha de Aljubarrota, as armas de fogo passaram a fazer parte da armaria portuguesa, uma arma estrangeira mantida em Portugal por estrangeiros até o final do século XV<sup>184</sup>. A pólvora necessária para alimentar as bocas de fogo ou era importada pronta ou feita em Portugal pelos condestáveis estrangeiros, mercenários contratados para servir às armas de fogo. No reinado de Afonso V (r.1438-81) surgiram os primeiros documentos (cartas) que se referem aos artesãos contratados para produzir salitre e pólvora em Portugal. Em carta do rei, datada de 13 de maio de 1442, se determina a remuneração a ser paga a Afonso Vasques, mestre de fazer salitre:

Dom Affonso &c A quantos esta carta virem ffazemos saber que nos querendo ffazer graça e merce a Affom Uasquez, nosso **meestre de fazzer o ssilitre** [o grifo é meu], teemos por bem e damos lhe que tenha e aja de nos, dêz primeiro dia de janeiro que ora ffoy em diante desta presente era de iiij<sup>o</sup>Rij [1442] em diante, de teença, em cada huanno, em quanto nossa mercee for, dous mil rs brancos e sseiscouodos de pano de bristol, os quaes dinheiros lhe mādamos pagar em nosso almoxarifado de Lamego, e aos quartees do ano, e o dito pano em o nosso almazem da cidade do Porto, em fim delle, por cartas que lhe seram dadas em a nossa fazêda em cada huanno, per que lhe paguem todo, e por renēbrãçadello lhe mandamos dar esta nossa carta. Dada em Santaremxiij de mayo per autoridade do senhor lffante dom P.<sup>o</sup> – Ruy Uasques a ffez – ano de iiij<sup>o</sup>Rij [sic].<sup>185</sup>

No ano seguinte, em 1443, em carta idêntica à anterior, novamente se faz referência a Afonso Vasques, mas agora como mestre-mor de fazer salitre e pólvora<sup>186</sup>. Esta segunda carta é o documento mais antigo que se refere à produção da pólvora em Portugal. Como um marco histórico, a sua imagem atualmente está exposta na antiga Fábrica de Pólvora de Barcarena, em Oeiras, hoje um museu (Figura II-34). Em outra carta<sup>187</sup>, escrita em 1466, Afonso V deu autorização ao bombardeiro [artilheiro] Balthazar para extrair

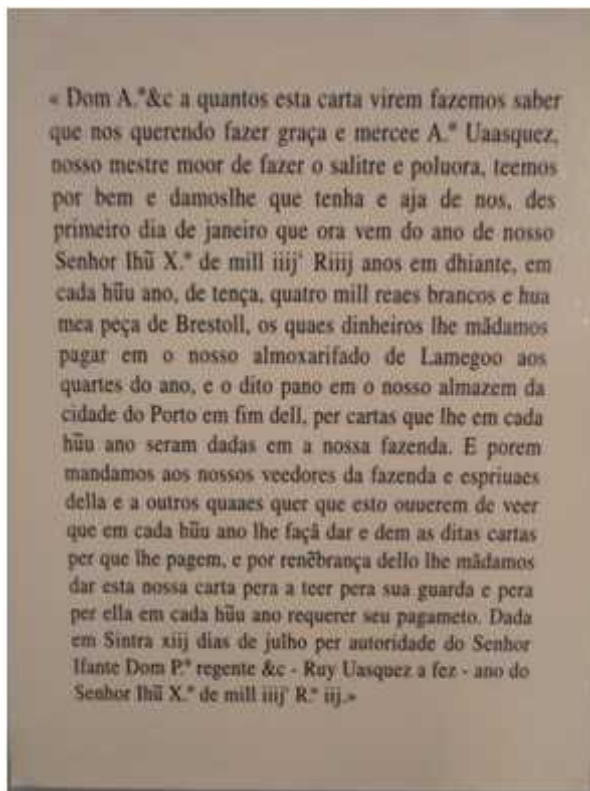
<sup>184</sup>Veja o anexo V, *O Fabrico de Pólvora em Portugal*.

<sup>185</sup>Torre do Tombo – Chancelaria de D. Afonso V, L.<sup>o</sup> 23, fls. 94.

<sup>186</sup>Torre do Tombo – Chancelaria de D. Afonso V, L.<sup>o</sup> 24, fls. 27.

<sup>187</sup>Torre do Tombo \_ Chancelaria de D. Afonso V, L.<sup>o</sup> 14, fls. 52.

salitre de todos os lugares do reino, em proveito seu, pagando apenas os direitos que pertenciam à fazenda real<sup>188,189</sup>.



**Figura II-34:** No reinado de Afonso V (1438-81), em carta datada de 1443 se determina a remuneração do mestre-mor Affonso Vasques por fazer salitre e pólvora. (Fonte: Foto da imagem da carta exposta no Museu da Pólvora de Oeiras, Fábrica da Pólvora de Barcarena, Câmara Municipal de Oeiras. Em julho de 2012. Autor: Ricardo Vieira Martins).

Em Portugal e suas colônias, durante o século XV, o lugar de mestre da pólvora pode ter sido ocupado apenas por estrangeiros. Aos reis de Portugal sempre interessaria que os mestres possuíssem aprendizes para lhes ensinar a arte. No final do século, o polvorista estrangeiro conhecido como *mestre Jorge*, provavelmente flamengo, foi contratado pelo rei D. João II para fazer pólvora e ensinar sua arte a *Pedro*, outro estrangeiro, provavelmente flamengo.

Uma quantidade de bocas de fogo cada vez maior foi colocada nas embarcações portuguesas que cresceram e se tornaram verdadeiras fortalezas flutuantes. No oriente, a necessidade de alimentar um número crescente de bocas de fogo obrigava que a pólvora fosse preferencialmente comprada ou produzida no próprio mar Índico. Na Índia, nos portos de Gujarat, Bengal e na

<sup>188</sup>VITERBO, 1896, pp. 48-49.

<sup>189</sup>QUINTELA, CARDOSO, MASCARENHAS, 2006, p.124.

costa de Coromandel, o salitre era comercializado e tinha excelente qualidade<sup>190</sup>. No entanto, as necessidades das esquadras portuguesas iam além da pólvora. Tão longe da Metrópole, os navegantes portugueses precisavam também de estaleiros para reparar as naus e arsenais para armazenar e fabricar armas e pólvora.

Em 1510, os portugueses se estabeleceram em Goa (Figura II-35), onde revitalizaram o estaleiro da cidade, assim como lhes foi muito útil o arsenal da cidade onde já existia uma grande quantidade de salitre, pólvora e equipamentos que já eram utilizados para produzir armas, pólvora<sup>191</sup> e, o mais importante, artesãos para o trabalho necessário. No entanto, os primeiros condestáveis dos bombardeiros precisaram seguir de Portugal para a Índia, onde deveriam servir ao rei nas fortalezas e nas naus. Em sua maioria não eram portugueses, mas mercenários estrangeiros encarregados de produzir a pólvora necessária. Em 1507, chegou à Índia um dos primeiros condestáveis enviados da metrópole, João Luís, que provavelmente era espanhol e participou ao lado de Afonso de Albuquerque da conquista de Goa. Homem de muitas qualidades, além de polvorista, também era mestre na arte de fundir e reparar as peças de artilharia. Em 1521, João Luís é nomeado condestável-mor da Índia e, como tal, passou a se corresponder por meio de cartas diretamente com o rei D. João III. Em 1527, enviou uma carta ao rei relatando que nos últimos vinte anos em que permaneceu nas Índias já havia fundido mais de 70 peças de artilharia e reparado muitas outras de ferro [forjado] utilizando cintas de cobre<sup>192</sup>.

Na Índia os portugueses estabeleceram fábricas de pólvora em Goa, Chaul e Baçaim (Bassein)<sup>193</sup>. No interior de algumas fortificações portuguesas a pólvora também era produzida em pequenas oficinas denominadas *Casa da Pólvora*<sup>194</sup>. No entanto, pouco a pouco a supremacia dos portugueses no mar dessa região foi diminuindo porque os navios asiáticos foram copiando o estilo

---

<sup>190</sup>MASCARENHAS, 2006.p.184.

<sup>191</sup>MASCARENHAS, 2006, p.184.

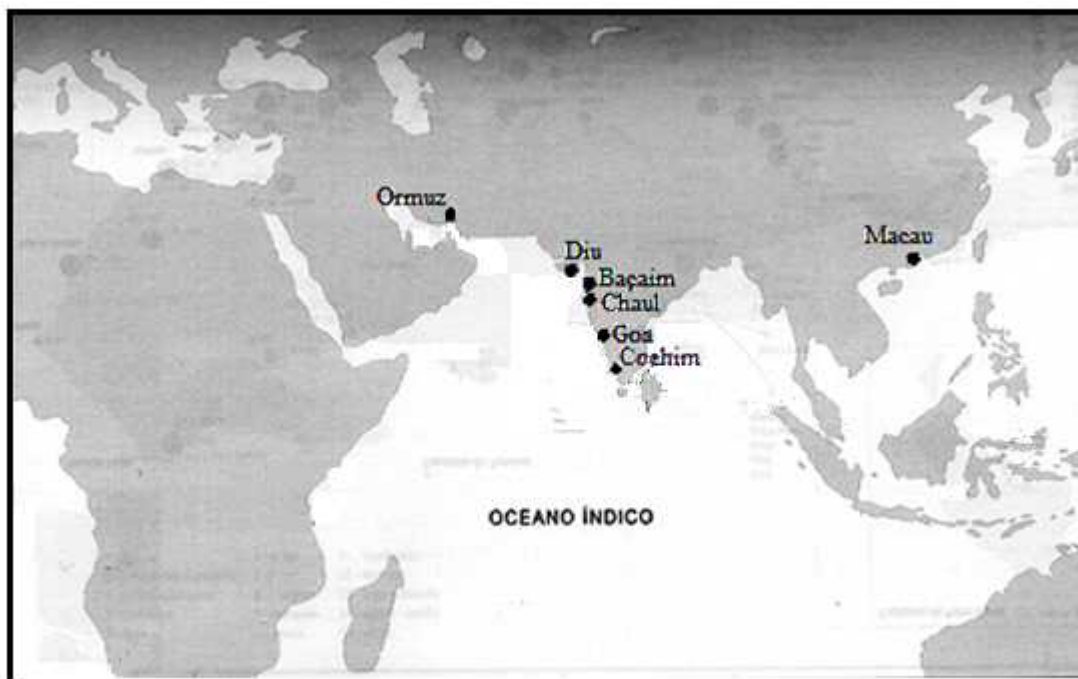
<sup>192</sup>Torre do Tombo \_ Corpo Cronológico, Parte I, maço 35, doc. 70.

<sup>193</sup>Com a ampliação das conquistas portuguesas no Oriente, outras fábricas de pólvora foram construídas: no Irã, em Ormuz; na China, em Macau.

<sup>194</sup>MASCARENHAS, 2006, p.184.

português e o seu armamento, o que obrigou os portugueses a uma expansão para o leste.

No último terço do século XVI, as especiarias da China e o Japão foram adquirindo uma importância crescente nas rotas comerciais portuguesas. Por volta de 1570, a presença portuguesa na Ásia alcançou a sua máxima expansão para o leste<sup>195</sup>.



**Figura II-35:**As principais fábricas de pólvora de Portugal no Oriente estavam localizadas nas cidades de Goa, Chaul, Baçaim, Ormuz e Macau.

No século XVI, a arte de fazer pólvora foi se tornando, pouco a pouco, uma arte também praticada por mestres portugueses. Em 1512, partiu para a Índia o jovem aventureiro Pedro Afonso, que se tornou o condestável dos bombardeiros de Chaul e encarregado de fabricar a pólvora. Na arte de fazer pólvora foi considerado um dos melhores, mesmo pelos condestáveis estrangeiros. No entanto, este homem de bom caráter e eficiente, que fazia mais pólvora com menor gasto para a Coroa, não gozou do mesmo prestígio junto do vedor-mor das Índias, Simão Botelho. Por alguma razão desconhecida, este não fazia encomendas de pólvora à fábrica de Chaul, o que manteve Pedro Afonso na pobreza. O mesmo tratamento não era dado ao

---

<sup>195</sup>MONTEIRO, 2012, p.283.

condestável-mor da Índia, João Luís, que era um homem avarento e malicioso mas, por saber lisonjear os governadores, gozava de bom prestígio. Um competente condestável português, como era Pedro Afonso, poderia significar uma possibilidade real de ameaça à posição ocupada por outros condestáveis estrangeiros, fato que o colocava em risco de morte. Na época, havia a suspeita de que Guilherme de Brugues, condestável-mor dos bombardeiros de Goa, tinha mandado assassinar um condestável português apenas porque este ameaçava o seu cargo<sup>196</sup>.

A falta de bombardeiros em Portugal exigiu dos reis um empenho contínuo para formá-los e fixá-los em Portugal. No século XIV, quando ainda era escasso o uso da artilharia em Portugal, os poucos artilheiros eram contratados durante uma necessidade que justificasse, e eram despedidos logo que desaparecesse a causa da contratação. Como as bocas de fogo não eram uma invenção portuguesa, os profissionais dos novos engenhos, os bombardeiros, vinham do estrangeiro.

As navegações portuguesas fizeram aumentar a necessidade de bombardeiros, os quais passaram a ser atraídos para Portugal através de regalias especiais. A nova arma tornara-se indispensável a bordo das embarcações e nos muros das fortificações. Os aprendizes do ofício de artilheiro eram instruídos pelos condestáveis estrangeiros. Antes de serem nomeados artilheiros, deveriam passar por uma longa fase de aprendizagem e avaliação. Dos aprendizes se exigia que comparecessem, em dias determinados, a um local próprio para o treinamento, onde apoiavam uma bombarda num parapeito e exercitavam o uso da boca de fogo. Para serem nomeados e gozarem dos benefícios de tal nomeação, precisavam ser aprovados na *Prova da Barreira*, a qual consistia em fazerem vários tiros com uma bombarda assestada num parapeito, em presença do seu condestável e da autoridade superior da artilharia, o vedor-mor (na metrópole) ou algum delegado seu, ou os capitães-gerais (nas colônias). Desta forma, pouco a pouco começaram a surgir os primeiros artilheiros portugueses. Portugal não podia mais depender de bombardeiros contratados por ocasiões. Logo, era

---

<sup>196</sup>Torre do Tombo \_ Corpo Cronológico, parte I, maço 81, doc. 98.



necessário estabelecer um grupo de bombardeiros fixos em Portugal. D. Manuel, em 1515, cria em Lisboa os *bombardeiros da nomina*, ou de nomeação. Inicialmente eram apenas cem, todos naturais e residentes em Lisboa. Não eram muitos, mas era um primeiro esforço para criar um corpo de especialistas em artilharia. Um bombardeiro deveria saber preparar bons tiros, mas também servir a arma, mantendo-a sempre bem reparada e pronta para o uso. Deveria, portanto, saber exercer vários ofícios, como o de ferreiro, fundidor, marceneiro e polvorista. Para que os melhores artífices portugueses tivessem interesse em se tornar bombardeiros, o rei D. João II determinou, através de carta régia datada de 3 de julho de 1491<sup>197,198</sup>, que esses homens teriam direitos e privilégios especiais, como o de não serem arregimentados apesar de estarem sob o comando de um condestável. Os privilégios dos bombardeiros foram confirmados por D. Manuel e seus dois sucessores: D. João III e D. Sebastião. No entanto, apesar do oferecimento aos bombardeiros de uma posição social diferenciada, as qualidades mínimas que se exigiam a todo aquele que pretendesse ser aprendiz de artilheiro, como a de saber ler, escrever, contar, medir e preferencialmente já ser um artífice, tornavam o número de possíveis candidatos muito pequeno, incapaz de atender plenamente às necessidades. Como os bombardeiros da nomina não precisavam ser portugueses, os estrangeiros continuaram a ser atraídos em troca dos mesmos privilégios que eram oferecidos aos profissionais portugueses. Um dos bombardeiros estrangeiros da nomina foi Guilherme de Bruges, ao qual já nos referimos acima. Ele era de procedência flamenga e seguiu para a Índia em 1538 para ser o condestável-mor em Goa, onde teria ao seu encargo o fabrico da pólvora<sup>199</sup>. No entanto, os condestáveis portugueses pouco a pouco foram substituindo os estrangeiros nas fábricas de pólvora. Em 1536, o bombardeiro da nomina Antonio Bispo, português, substituiu na fábrica de pólvora de Évora o condestável alemão *Vynolte de Leue* (sic) que, em 1525, havia substituído *Girardo*, um condestável que provavelmente era alemão<sup>200</sup>. As 16 fábricas de pólvora que D. Manuel (r.1495-1521) mandou construir, todas foram entregues a condestáveis alemães e flamengos, os quais deveriam ter

---

<sup>197</sup>BOTELHO, 1944, p.9.

<sup>198</sup>Torre do Tombo, Liv. 3 da Estremadura, fol. 233 v.

<sup>199</sup>Torre do Tombo \_ Chancelaria de D. João III, Doações, L.º 49, fls. 26.

<sup>200</sup>Torre do Tombo \_ Chancelaria de D. João III, Doações, L.º 21, fls. 215.

aprendizes<sup>201</sup>. O condestável Antonio Bispo, por sua vez, foi substituído em 1550 por outro bombardeiro da nomina português, Afonso Madeira<sup>202</sup> que, por sua vez, também foi substituído em 1567 por Matheus Fernandes, um bombardeiro da nomina português que faleceu em 1583, em Lisboa, vítima da peste, quando já reinava em Portugal Felipe I (Felipe II na Espanha).

Em meados do século XVI, estava ficando evidente que a maneira como estavam sendo preparados os casamentos cruzados entre os membros da Coroa castelhana e da Coroa portuguesa faria com que, mais cedo ou mais tarde, Portugal caísse sob o domínio do rei da Espanha, tornando a Península Ibérica um único reino. Nessa época, a nação ainda não era o fundamento da unidade política de uma monarquia hereditária. Como afirmou Monteiro<sup>203</sup>,

[...] o que tornava um rei legítimo no exercício do seu ofício não era o fato de tal corresponder à vontade ou à identidade de uma nação que lhe cabia governar, mas sim de ter direito pelo sangue a suceder à coroa.

Em 1554, o nascimento de D. Sebastião foi considerado um milagre que tinha livrado os portugueses de serem reinados pelo rei de Castela, o que os faria escravos dos castelhanos. O futuro rei português recebeu seu nome, sem tradição na Casa Real portuguesa, em homenagem ao santo em cujo dia viera à luz<sup>204</sup>. Ainda jovem, manifestou uma verdadeira obsessão pela guerra, o que fazia parte da identidade fidalga. Na guerra, a fidalguia obtinha suas honras e acrescentavam os proventos. No reinado de D. Sebastião foram feitas reformas militares importantes. Em 1569, através do *Alvará das Armas*, o rei tornou obrigatório aos homens livres a posse de armas de fogo e armas brancas. Em 1570, por meio do *Regimento das Ordenanças*, em todo o reino os homens passaram a ser organizados em companhias agrupadas em capitâncias-mores de ordenança, onde deveriam ser treinados militarmente. Ao capitão-mor, ou mestre de campo, cabia “repartir os habitantes da cidade, vila ou concelhos em esquadras de 25 homens e à esquadra escolher um líder que seria seu cabo”<sup>205</sup>. Um capitão teria sob o seu comando 10 esquadras, que formariam uma

<sup>201</sup>Torre do Tombo \_ Chancelaria de D. João III, Doações, L.º 49, fls. 26.

<sup>202</sup>Torre do Tombo \_ Chancelaria de D. João III, Doações, L.º 69, fls. 148v

<sup>203</sup>MONTEIRO, 2012, p. 252.

<sup>204</sup>MONTEIRO, 2012, p.257.

<sup>205</sup>PUNTONI, 2004b, pp. 46.

companhia, e 10 companhias<sup>206</sup>, cerca de 2500 homens, estariam sob o comando direto do capitão-mor. Uma das 10 companhias também estaria sob o comando do capitão-mor que, na sua ausência, era substituído pelo sargento-mor. Uma organização militar semelhante eram os *tercios*, criados na Espanha por Gonçalo de Córdova. Em Portugal e suas colônias, toda a população masculina de 18 a 60 anos poderia ser convocada para compor as ordenanças, com exceção dos eclesiásticos. Embora a prática nunca tenha correspondido inteiramente às pretensões do rei, as ordenanças foram socialmente importantes porque ficavam, na maioria dos casos, a serviço dos arranjos dos poderes locais que acabavam por hierarquizar a população segundo o corte social existente.

Com a proposta de estabelecer uma guerra santa contra os infiéis que estavam no norte da África, D. Sebastião conseguiu mobilizar recursos financeiros através de empréstimos e compor uma força armada de 17.000 homens, dos quais 1500 de cavalaria e um número apreciável de peças de artilharia. No entanto, ao gigantesco contingente que desembarcou na África faltava um comando central que o organizasse em uma só estratégia. Em 1578, ocorreu a batalha de Alcácer Quibir, na qual houve uma completa derrota das forças portuguesas, cercadas pelos opositores e vencidas (Figura II-36). Na batalha o rei português foi morto.

---

<sup>206</sup>“Idealmente, tanto as tropas regulares quanto as ordenanças eram constituídas em terços, mas, à diferença das tropas regulares, as milícias das ordenanças não recebiam soldo” (PUNTONI, 2004b, p.44-46).



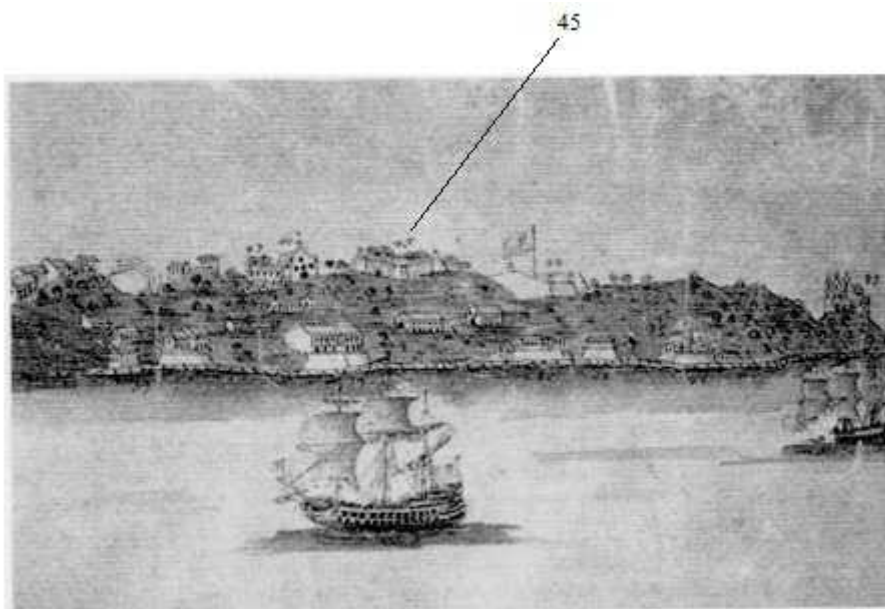
**Figura II-36:** A imagem mostra o detalhe da única representação conhecida da batalha de Alcácer-Quibir, onde está ilustrado o exército português, numericamente inferior, prestes a ser cercado pelas forças islâmicas. (Origem: Miscelânea (1629), de Miguel Leitão de Andrade. Biblioteca Nacional, Lisboa. Fonte: Esta imagem provém do *Wikimedia Commons*, um acervo de conteúdo livre da *Wikimedia Foundation*, que pode ser utilizado por outros projetos, obtida em 08/10/2012).

A morte de D. Sebastião conduziu o seu tio-avô D. Henrique ao poder como um Cardeal-Rei. Este procurou, durante os dois anos em que reinou, determinar, entre diversos candidatos, o seu sucessor. Como morre sem dar uma decisão final ao processo sucessório, um dos candidatos à sucessão, o rei da Espanha, Felipe II, com o poder que lhe outorgavam as armas, se tornou Felipe I em Portugal a partir de 1580. Na época, como a Espanha já era uma nação esgotada por um longo período de guerras<sup>207</sup> e com carência de recursos financeiros, uma das decisões do novo rei foi incorporar à *Invencível Armada* espanhola parte das armas que Portugal tinha nos seus arsenais e fortalezas ao redor do mundo.

<sup>207</sup>VILAR, 1997, p. 67.

Em 1583, o salitre tão necessário à Espanha passou a ser procurado no sertão do Brasil, para onde seguiu Manuel de Padilha. Infelizmente, o sertanista que partiu de Salvador foi morto no caminho pelo gentio<sup>208</sup>.

Na longa viagem de ida e volta nas rotas comerciais que uniam Lisboa ao Oriente, os portos no Brasil eram importantes porque ofereciam apoio às esquadras. No porto, em Salvador, foram construídos estaleiros e arsenais. No século XVI, a produção de pólvora pode ter sido iniciada na cidade utilizando o salitre proveniente da Índia<sup>209</sup>. Nessa época, a produção de pólvora pode ter sido iniciada nas principais capitanias do Brasil<sup>210</sup> em oficinas que eram reconhecidas como a Casa da Pólvora (Figura II-37).



**Figura II-37:**Porto de São Salvador da Bahia, gravura feita por Carlos Julião em 1779. No alto da cidade, indicado pelo número 45, o autor representa a “Caza aonde se fabricava a pólvora” (Fonte: MASCARENHAS, José Manuel. *Portuguese Overseas Gunpowder Factories, in Particular Those of Goa (Índia) and Rio de Janeiro (Brazil)*. In: *Gunpowders, Explosives and the State – A Technological History*. Edited by Brenda J. Buchanan, University of Bath (UK), 2006, p. 189, apud: *Imagem arquivada no Gabinete de Estudos de Arqueologia e Engenharia Militar, Lisboa.*).

Em 1613, durante o reinado de Felipe III (Felipe II em Portugal), Salvador António Luís Santa Cruz foi enviado para o Brasil nomeado mestre da pólvora do Brasil, com a obrigação de refinar salitre e fazer pólvora<sup>211</sup>, que passou a ter oficina na parte alta da cidade de Salvador. No último ano do

<sup>208</sup>Torre do Tombo \_ Chancelaria de D. Felipe I, Doações, L.º 24, fls. 287 v.

<sup>209</sup>MASCARENHAS, 2006, p.188.

<sup>210</sup>QUINTELA, CARDOSO, MASCARENHAS, 2006, p.125.

<sup>211</sup>Torre do Tombo \_ Chancelaria de D. Felipe II, Doações, L.º 29, fls. 265

reinado de Felipe IV (Felipe III em Portugal), partiu para o Brasil acompanhado do primeiro vice-rei do Brasil, Jorge Marcarenhas, o capitão de artilharia António Matheus, nomeado polvorista do Brasil para produzir pólvora em Salvador, o que fez até 1648, quando faleceu<sup>212</sup>.

Durante os sessenta anos do Período Filipino, Portugal e suas ilhas atlânticas passaram a ter suas fortalezas defendidas por forças militares espanholas<sup>213</sup>. O monopólio da pólvora na Península Ibérica passou para a Espanha. Em 1617, Felipe III (Espanha) decidiu recuperar a Casa de Pólvora de Barcarena, que funcionou no local da antiga fábrica de armas fundada por D. João II (r.1481-95). A fábrica pertencia à Fazenda Real, mas se encontrava nessa altura paralisada e com seus engenhos em ruínas. A proposta de reabri-la era defendida pelo Conselho da Fazenda, e nela se pretendia praticamente retomar a produção de pólvora em Portugal, considerando a enorme carência que dela se verificava nos Armazéns do Reino e, conseqüentemente, nas armadas e fortalezas portuguesas. Para enfrentar as frequentes ameaças holandesas, a pólvora era quase toda importada, obtida não só da Espanha, mas também a partir dos mercados do norte da Europa<sup>214</sup>. Mas, a princípio, na reconstrução da fábrica de Barcarena se pretendia apenas recuperar os engenhos hidráulicos de pilões já existentes, que era o sistema de produção mais utilizado e difundido na maioria das oficinas, pois eram de fácil construção e manutenção. Para promover a recuperação desses engenhos, seguiu para Portugal o mestre espanhol Francisco de Lahra, proveniente da fábrica espanhola de Navarra. No entanto, com as obras já iniciadas, o engenheiro-mor do Reino de Portugal, o italiano Leonardo Turriano, propôs um novo projeto ao rei da Espanha Felipe III. No lugar dos engenhos de pilão, seriam colocados engenhos hidráulicos de galga, que ele considerava mais rentáveis porque seriam capazes de produzir 16 quintaes diários de pólvora. O projeto foi enviado a Madri em 1617 para apreciação, o qual deve ter tido uma aprovação imediata, considerando que em 1618 a fábrica já possuía quatro moinhos em funcionamento.

---

<sup>212</sup>Torre do Tombo \_ Chancelaria de D. Felipe III, Doações, L.º 34, fls. 159.

<sup>213</sup>MONTEIRO, 2012, pp. 281-282.

<sup>214</sup>MUSEU DA PÓLVORA NEGRA. *Os engenhos de galgas de Leonardo Turriano*. Câmara Municipal de Oeiras, Escolha do Trimestre (Outubro de 2011), Oeiras, Portugal.



**Figura II-38:** Panorâmica de Lisboa. *Civitatis Orbis Terrarum* de Georg Braun e Franciscus Hogenberg, Amesterdão, 1578-1618, vol. I, fl./Ornoz/AIC. In: MONTEIRO, Nuno Gonçalo. *Idade Moderna (Séculos XV-XVIII)*. In: RAMOS, Rui (coordenador); SOUSA, Bernardo Vasconcelos e; MONTEIRO, Nuno Gonçalo. *História de Portugal*. A Esfera dos Livros, Lisboa, 2012).

Os reis da Espanha reinaram sem pôr os pés em Portugal. Em 1580, após Filipe II ter sido aclamado rei em Portugal, partiu para nunca mais voltar. O seu sucessor, Felipe III, apenas uma única vez veio a Portugal, no verão de 1619, quando em Lisboa (Figura II-38) as Cortes juraram o sucessor da coroa, Felipe IV<sup>215</sup>. Nesta ocasião, Felipe III, motivado por sua curiosidade, visitou os modernos engenhos que mandou construir na fábrica de pólvora de Barcarena<sup>216</sup> (Figura II-39). O rei faleceu em 1621 e seu sucessor, Felipe IV de Espanha (Filipe III de Portugal) nunca foi a Portugal. Com o passar dos anos, diversos acidentes com explosões ocorreram na fábrica de Barcarena. No ano de 1639 apenas um único moinho restava em funcionamento na fábrica.

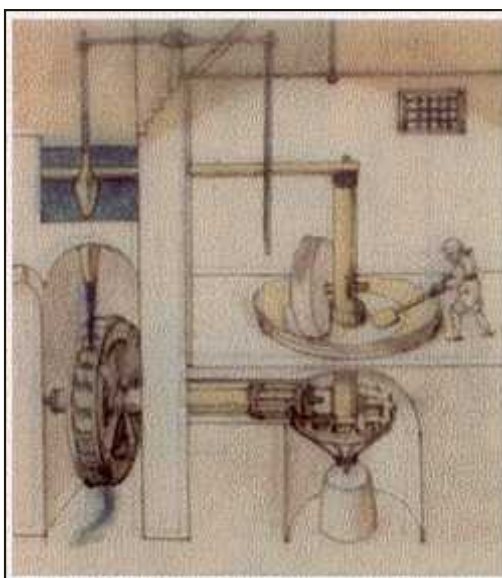
Em 1622, no Oriente, havia falta de pólvora nas fortalezas portuguesas. Em resposta a essa situação, Filipe IV (Filipe III em Portugal) mandou construir uma fábrica de pólvora em Panelim, ao norte de Goa. Em 1630, quando estava terminada, já produzia pólvora para todas as fortalezas portuguesas que estavam localizadas no leste da África e na Ásia, que correspondia a toda a região sob o controle do vice-rei D. Miguel de Noronha, Conde de Linhares<sup>217</sup>. Em 1630, a fábrica de Panelim produzia 230kg de pólvora por dia com seis moinhos: um moía os ingredientes da pólvora enquanto os outros cinco

<sup>215</sup>MONTEIRO, 2012, pp. 277-281.

<sup>216</sup>O projeto original do engenheiro-mor Leonardo Turriano, que foi remetido a Felipe II, presume-se perdido. No entanto, o manuscrito que deve ter sido um estudo preparatório, intitulado *Dos Discursos Turriano...*, estão atualmente na Biblioteca Nacional de Portugal.

<sup>217</sup>QUINTELA, CARDOSO, MASCARENHAS, 2006, p.125.

serviam para fazer a incorporação da mesma. Em 1631, a produção foi aumentada para 320kg por dia. Em 1644, quando a pólvora era necessária em Portugal na guerra da Restauração, a produção diária aumentou para 370kg diários, e era transportada como lastro nos navios de carreira provenientes da Índia. Em 1683, devido ao risco de a cidade de Goa ser invadida, a fábrica foi transferida para a península de Mormugão, onde nunca entrou em operação<sup>218</sup>.



**Figura II-39:**Engenho de Galga projetado por Leonardo Turriano (Turriano, Leonardo - *Dos Discursos de Leonardo Turriano...*,1622, Códice 12892, Reservados, Biblioteca Nacional de Portugal).

Em 1640, iniciada a guerra da Restauração, foi necessário obter um aumento abrupto na produção de pólvora em Portugal. Em Lisboa, eram seis as fábricas na região urbana, com um total de onze moinhos em funcionamento. Na periferia da cidade havia mais seis moinhos em três fábricas<sup>219</sup>. Em 1639, após terem ocorrido várias explosões na fábrica de Barcarena, apenas restava um único moinho de galga em funcionamento. A necessidade de aumentar a sua produção de pólvora fez com que nela fossem instalados moinhos de pilão<sup>220</sup>. Em 1649 os pilões utilizados em Barcarena já possuíam cabeças de bronze<sup>221</sup>.

<sup>218</sup>MASCARENHAS, 2006, pp. 192-193.

<sup>219</sup>QUINTELA, CARDOSO, MASCARENHAS, 2006, p.125.

<sup>220</sup>Os moinhos de galga apenas voltarão a ser utilizados na fábrica de pólvora de Barcarena em 1729, quando novamente foi reaberta por Antonio Cremer.

<sup>221</sup>QUINTELA, CARDOSO, MASCARENHAS, 2006, pp.126-127.



A necessidade de defender as fronteiras no sul do Brasil levou D. João IV (r.1640-56) a enviar o polvorista capitão de artilheiro Manuel Matheus para refinar 200 quintaes de pólvora no Rio de Janeiro e depois passar para Salvador, onde iria substituir seu irmão Antonio Matheus se este porventura tivesse falecido<sup>222</sup>. Em 1651, já se tem notícia de que Manuel Matheus estava em Lisboa produzindo pólvora e que houve uma explosão na sua oficina. Com a explosão, diversas casas localizadas ao redor da oficina foram danificadas.

O armazenamento de pólvora no interior da cidade de Lisboa poderia causar graves acidentes. Para evitá-los, no ano de 1470 o rei D. Afonso V proibiu qualquer armazenamento de pólvora fora da Torre da Pólvora da cidade<sup>223</sup>. No reinado de D. Manuel I (1495-1521), o risco de acidentes certamente se tornou maior, considerando que houve um aumento do número de pequenas oficinas que faziam pólvora na cidade<sup>224</sup>. Em 1651, após a explosão na oficina de Manuel Matheus, a câmara de Lisboa passou a se empenhar para pôr para fora da cidade, em local mais seguro para a população, todas as oficinas de pólvora. Este posicionamento não encontrava o apoio de D. João IV, que muito precisava da pólvora. Mas a câmara insistia no seu ponto de vista, travando uma verdadeira guerra contra as oficinas, e oferecia 20 mil-réis para ajudar nas despesas do polvorista que transferisse sua oficina para fora da cidade. Nessa época, Manuel Matheus deixou de produzir pólvora no interior da cidade e recebeu por arrendamento o moinho de Barcarena e a oficina das Tercenas das Portas da Cruz, um estabelecimento que ali funcionava desde o final do século XV<sup>225</sup>.

Em 1650, na região de Elvas, Simão Matheus estabeleceu uma fábrica próxima da região de conflito com a Espanha, e como era um homem engenhoso, inventou um sistema de moinhos de vento com casa fixa que podia trabalhar com todos os ventos, o qual aplicou no fabrico da pólvora. D. João IV lhe concedeu privilégio por tempo de dez anos, por alvará feito em Lisboa em

---

<sup>222</sup>Torre do Tombo \_ Chancelaria de D. João IV , Doações, L.º 20, fls. 140

<sup>223</sup>QUINTELA, CARDOSO, MASCARENHAS, 2006, p.124.

<sup>224</sup>QUINTELA, CARDOSO, MASCARENHAS, 2006, p.124.

<sup>225</sup>No mesmo local, mais tarde, foi implantado o Arsenal de Guerra.

11 de abril de 1654, que determinava que nenhuma pessoa pudesse fazer no Reino semelhante engenho sem antes obter a permissão de Simão Matheus<sup>226</sup>.

No Brasil, em Salvador, a pólvora foi produzida como monopólio da Coroa na *Casa da Pólvora* até 1731. Na região das Minas Gerais havia produção de salitre, o que certamente pode ter feito surgir pequenas oficinas para produzir pólvora de forma clandestina, mas que não atendiam as necessidades da região que precisava importar pólvora da Metrópole através do porto do Rio de Janeiro<sup>227,228</sup>. Em 1767, na relação das compras feitas no Rio de Janeiro pela câmara de Vila Rica para servir às fortificações daquela praça, entre os materiais adquiridos estavam grandes quantidades de salitre refinado e enxofre<sup>229</sup>, evidenciando a preparação local de pólvora (que também era importada pronta). Em 1778, José Vieira Couto (1752-1811) se formou em Filosofia Natural pela Universidade de Coimbra. Após ter exercido a função de professor nessa instituição, recebeu da rainha D. Maria I permissão para retornar ao Brasil, sua terra natal, onde em viagem de reconhecimento deveria percorrer a região ao norte da Capitania de Minas Gerais. Nessa viagem, Couto produziu diversos textos, entre os quais merece destaque, segundo Marcia Ferraz<sup>230</sup>, a “Memória sobre a Capitania de Minas Gerais”, onde vemos expostas descrições de salitreiras encontradas nas viagens de reconhecimento da região. Nas cavernas do Monte Rodrigo, Couto descreveu depósitos naturais de salitre, mas que não eram abundantes porque, ao se cavar “mais profundamente, que exceda os dois palmos pouco mais ou menos, já não se topam os nitratos”. No entanto, apesar da existência de salitreiras naturais, conclui que a melhor maneira de “formar” o salitre seria na salitreira artificial. Couto não estava solitário em seu interesse pela produção artificial de salitre, encontrando um “parceiro” também nascido no Brasil, João Manso Pereira (c.

---

<sup>226</sup>Torre do Tombo \_ Chancelaria de D. João IV, Doações, L.º 26, fls. 118 v.

<sup>227</sup>MASCARENHAS, 2006, p.190.

<sup>228</sup>Em Vila Rica de Ouro Preto (Minas Gerais), no século XVIII, pode ter existido uma Fábrica de Pólvora, considerando que, em 1801, Manuel Jacinto Nogueira da Gama era apontado como o chefe inspetor das oficinas que produziam pólvora e salitre (VITERBO, 1896, pp.349-350).

<sup>229</sup>FILGUEIRAS, 1998.

<sup>230</sup>FERRAZ, 2000.

1750-1830), que foi um autodidata e, mesmo sem nunca ter cursado universidade, na opinião de FILGUEIRAS<sup>231</sup>,

[...] deixou uma obra publicada *sui generis*, irregular e por vezes um pouco confusa, mas de grande interesse histórico, tratando-se de uma química prática com certas veleidades teóricas, imbuída da ideologia progressista do século das luzes, mas sem deixar de compartilhar muitas das limitações da sociedade colonial.

No ano de 1800 se viu publicada a *Cópia de uma Carta sobre a Nitreira Artificial Estabelecida na Vila de Santos*, na Capitania de São Paulo. Neste texto, João Manso Pereira descreve uma forma de obter salitre por meios artificiais<sup>232</sup>. No Brasil, apesar do empenho dos então chamados naturalistas, o salitre continuou a ser importado por ser mais barato, o que conduziu ao abandono das tentativas de produção<sup>233</sup>.

Em Portugal, retomando a época de Simão Matheus, a quem acima nos referíamos, o Príncipe Regente D. Pedro (r.1667-1683), em 1679, permitiu que Carlos de Sousa Azevedo abrisse uma nova fábrica de pólvora em Alcântara com a garantia de que este restauraria a Fábrica Real de Pólvora em Barcarena. Em 1687, durante o reinado de Pedro II (r.1683-1706), Carlos de Sousa Azevedo assina um novo contrato pelo qual se comprometia a produzir anualmente 120 toneladas de pólvora durante 12 anos. Em 1690, apesar de já estar em funcionamento a fábrica de Alcântara com cinco moinho de pilões, a supremacia na produção de pólvora pertence à fábrica de Barcarena, a qual já passa a ser referida como a Real Fábrica de Pólvora. Mas, ao que parece, o empreendimento de Azevedo não progrediu como se esperava porque no ano 1695 a fábrica de Barcarena e as Ferrarias do rei foram abandonadas e somente após trinta anos, em 1725, tornaria a surgir um novo empreendedor, Antonio Cremer, que com o total monopólio da produção de pólvora voltará a fazer novos investimentos nas fábricas de Alcântara e Barcarena, que voltaram a funcionar<sup>234</sup>.

---

<sup>231</sup>FILGUEIRAS, 1993.

<sup>232</sup>FILGUEIRAS, MARTINS, PIVA, 2013.

<sup>233</sup>FERRAZ, 2000.

<sup>234</sup>QUINTELA, CARDOSO, MASCARENHAS; 2006, pp.127-128.

### II.3.9 As peças de Artilharia

No final do século XV, a intolerância religiosa ocasionou a expulsão dos judeus da próspera Espanha. Aos que desejavam permanecer era imposto que se convertessem ao cristianismo. A princípio, muitos seguiram para Portugal e pagaram oito cruzados por cabeça para ali poderem permanecer. Entre os judeus que chegavam a Portugal, muitos eram ferreiros, latoeiros, malheiros<sup>235</sup> e armeiros, artesãos cuja permanência interessaria a qualquer nação. Aos artesãos, o rei de Portugal, D. João II, facilitava a permanência no território português, cobrando a cada um quatro cruzados, a metade do que era normalmente cobrado aos não artesãos<sup>236</sup>. Na época, os mulçumanos demonstravam ter uma relativa tolerância com os *não-mulçumanos*, o que para os artesãos judeus significava uma forte razão para preferirem imigrar para os domínios dos árabes e lá oferecerem seus serviços aos sultões. Os artesãos estrangeiros que trabalhavam para os mulçumanos não eram todos imigrantes voluntários. Entre eles muitos eram cristãos que tinham sido capturados durante as batalhas. Esta era uma das formas como os sultões conseguiam os serviços de ferreiros, mineiros, carpinteiros, pedreiros, calafates, construtores navais, fundidores de canhões, entre outros, transferindo para os seus domínios as técnicas que os artesãos praticavam a serviço dos reis católicos. Em 1551, um viajante de nome Nicolas de Nicolay (1517-1583), Lord de Arfeuile, geógrafo a serviço do rei da França, ao chegar a Istambul ficou impressionado com a grande quantidade de trabalhadores cristãos que serviam ao sultão no arsenal e que ensinavam aos otomanos todos os saberes da moderna arte de fazer a guerra praticada na Europa<sup>237</sup>.

As modernas armas que outorgavam poder às nações eram produzidas por ferreiros e fundidores. Os saberes da metalurgia circulavam entre esses homens que os mantinham como um segredo ao qual apenas os mestres do ofício deveriam ter acesso. Para obter os benefícios dos saberes de um artesão, sempre seria necessário contratá-lo.

---

<sup>235</sup> *Malheiro* era aquele que fabricava malhas para as cotas de malhas, uma proteção para o corpo que consiste em uma série de entrelaçamentos de pequenas argolas de metal.

<sup>236</sup> VITERBO, 1907, p.3, *Apud*: Goes, de Damião. *Chronica de D. Manuel*, parte I, cap. X.

<sup>237</sup> ÁGOSTON, 2009, p.44. *Apud*; Nicolaos de Nicolay, **The Nauigations into Turkie** [sic] (London, 1585), fol. 130v.

Em Portugal, os fundidores geralmente eram artesãos estrangeiros<sup>238</sup>. Como eram cobiçados por diversas nações, os reis procuravam mantê-los no território português através do fornecimento de privilégios, alguns normalmente somente concedidos aos fidalgos, como o direito de portar armas e andar montado em uma mula com sela e estribo<sup>239</sup>. Do século XV ao XVII, as marcas deixadas pelos mestres fundidores nos canhões portugueses demonstram que entre eles encontramos alemães, italianos e flamengos<sup>240</sup>. Nos domínios portugueses, a fundição de artilharia, em bronze, era efetuada não só em Lisboa, mas também em Goa, Cochim, Ormuz, Malaca, Macau e Nagasáqui. No entanto, no século XVIII, durante o reinado de D. João V, no lugar de fundirem as peças de artilharia nos arsenais portugueses, a opção foi comprá-las na Holanda, como demonstra o grande número de peças referentes a esse período, existente no Museu Militar de Lisboa<sup>241</sup>.

As primeiras peças de artilharia, os *trons* e as *bombardas*, tinham uma estrutura feita com lâminas de ferro forjado, geralmente alinhadas no sentido longitudinal da peça, unidas umas às outras por anéis metálicos ou por caldeamento na forja. A estrutura era frágil e podia romper quando submetida à elevada pressão dos gases produzidos durante a queima da pólvora, o que poderia causar graves acidentes. Inicialmente, as peças de ferro forjado foram feitas com tamanho pequeno, o que facilitava o transporte da arma, mas também foram feitas em tamanho grande<sup>242</sup>.

A evolução das técnicas de fundição fez surgir as peças de artilharia fundidas em bronze ou ferro. As de bronze não oxidavam como as de ferro,

---

<sup>238</sup>Veja anexo III.

<sup>239</sup>VITERBO, 1901.

<sup>240</sup>VITERBO, 1901.

<sup>241</sup>VITERBO, 1901, p.7.

<sup>242</sup>As *bombardas* do século XV eram peças construídas por uma série de aduelas de ferro forjado (*wrought iron*), unidas à maneira de um barril e reforçadas com cintas. Esta técnica de construção ainda era utilizada no princípio do século XVI para construir grandes peças de artilharia conhecidas como *espalhafatos*, que lançavam balas redondas de pedra de 150 arráteis (68,8 kg). Dois grandes espalhafatos foram construídos provavelmente em 1520, em Cochim, por Fernando Annes, que os denominou de Maria e Heitor. A Maria ainda estava em Goa em 1961, guarnecendo uma das torres da fortaleza de São Pedro e assestada para Banastarim, como testemunhou o general português Henrique Pereira do Valle. O Heitor se encontra no Museu Militar de Lisboa. A técnica de construção empregada nessas duas grandes armas foi ultrapassada pela fundição das peças de bronze nos primeiros anos do século XVI. Em 1510, na luta pela tomada de Goa, os portugueses foram combatidos com o uso de um falcão e de um espalhafato, demonstrando que na Índia já existia o emprego de artilharia antes da chegada dos europeus (VALLE, 1963).

eram mais duráveis e seguras, porém muito mais caras, um verdadeiro símbolo de poder. Podiam ser fundidas em diversos tamanhos. As maiores pesavam várias toneladas, o que as tornava armamentos de posição fixa que geralmente eram utilizados nos parapeitos dos navios e fortalezas. As que tinham tamanhos menores podiam ser transportadas para o campo de batalha e deram mobilidade à Artilharia. Como eram armas que poderiam ser utilizadas tanto para a defesa como para o ataque, o engenheiro-mor de Portugal, Manuel de Azevedo Fortes, assim as definiu no início do século XVIII:

A peça de artilharia é um instrumento, ou máquina de bronze, ou de ferro, com a qual por meio de pólvora se atirarão balas para ofender os inimigos nos exércitos, arruinando-lhes suas trincheiras, e para arruinar nas Praças as defesas, ou parapeitos, com que se cobrem, e para derrubar as muralhas, e abrir brechas<sup>243</sup>.

A definição de Fortes não evidencia a capacidade de matar que teria uma peça de artilharia, mas sim a de agir como ferramenta, uma máquina, capaz de arruinar os equipamentos de defesa do exército inimigo.

As diversas peças de artilharia, não importando o seu gênero, tinham uma mesma composição básica (Figura II-40). Cada uma das partes, assim como os elementos particulares que as compõem, foi descrita por Fortes começando de onde o artilheiro se põe para dar fogo<sup>244</sup>:

1. *Cascavel*: é aquela parte da peça, com o feitio de um pomo, em que a peça tem o seu princípio e, alguns, no lugar da bola ou pomo, lhe põem um golfinho, ou uma cabeça de serpente (letra A).
2. *Culatra*: é a parte que vai da cascavel até o fogão (letra B).
3. *Reforços da Peça*: Reforço da culatra (CC); Reforço dos munhões (CD) e reforço da bolada (DE).
4. *Moldura da Culatra*: aquela que cinge a mesma culatra (F).

---

<sup>243</sup>FORTES, 1993b, p. 456.

<sup>244</sup>FORTES, 1993b, p. 456.

5. *Ouvido* ou *Fogão da Peça*: é o furo onde a peça se *escorva*<sup>245</sup> para lhe dar fogo (G) – alguns enfeitam este lugar com uma concha.
6. *Colarinho da Culatra*: pequena moldura que se acha diante do fogão (H).
7. *Moldura do Primeiro Reforço da Culatra*: local onde termina o primeiro reforço (I).
8. *Munhões*: duas porções de metal, cilíndricas, que saem dos lados da peça em forma de eixo, que servem para sustentar a peça sobre o reparo. Os munhões possibilitam também manter as peças em equilíbrio, possibilitando que se abaixe ou levante a peça quando for necessário. Os munhões servem também para suportar o repuxo que sofre a peça quando atira (L).
9. *Asas*: servem para se suspender a peça quando são colocadas a cavalgar na sua carreta, ou reparo. Essas asas se representam por cobras e, mais ordinariamente, por golfinhos (M).
10. *Moldura do Segundo Reforço dos Munhões* (N).
11. *Colarinho da Bolada* (O).
12. *Colarinho da Garganta* (P).
13. *Bolada*: se estende do colarinho até a garganta (OP).
14. *Garganta da Peça*: é a parte mais estreita entre o colarinho e o bocal da peça (Q).
15. *Bocal da Peça*: é a parte de metal mais levantado que circunda a boca da peça como guarnição. Alpoim complementa seu mestre Fortes informando<sup>246</sup> que é nesta parte da peça que se encontra a joia<sup>247</sup> (QS).
16. *Moldura do Bocal* (R).
17. *Alma, Cana da Peça* ou *Oco da Peça*: é o vazio cilíndrico que existe desde o fogão (G) até a boca da peça (S).

<sup>245</sup>A palavra *escorva* tem origem no italiano antigo e se refere ao dispositivo com que se dá início à explosão de uma carga principal. Por exemplo, nas bocas de fogo, a carga principal estava localizada em uma câmara que se comunicava com a parte externa da arma através do orifício cuja extremidade se denominava de *ouvido*. A carga principal seria detonada através de um cordel detonante, *rastilho*, levado até o interior da peça através do orifício do *ouvido* (FERREIRA, 2004). No lugar do cordel detonante também poderia ser usada pólvora negra em grãos muito finos, *polvorim*, e era derramada no interior da peça através do orifício do ouvido, o qual se iniciava no *fogão* da peça de artilharia.

<sup>246</sup>ALPOIM, 1744, p.66.

<sup>247</sup>As *jóias* são os mais altos pontos das faixas altas da culatra e do bocal e servem para por eles se fazerem as pontarias (ALPOIM, 1744, p.168).

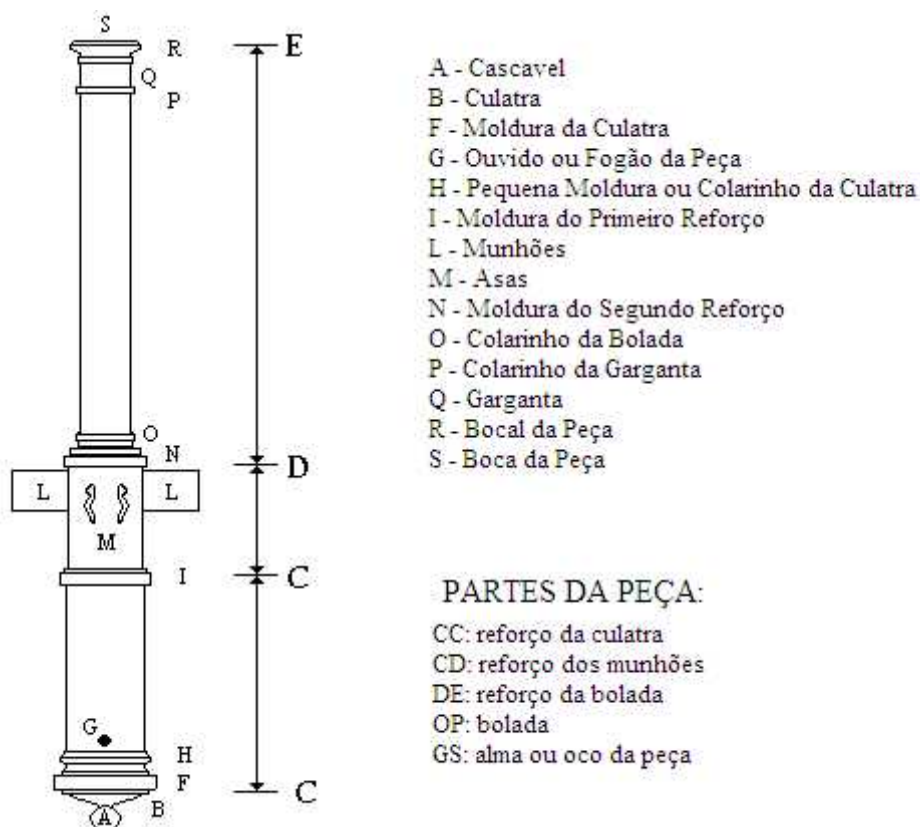


Figura II-40: Composição de uma peça de Artilharia (Fonte: Fortes, 1729).

Como existia uma grande variedade de peças de artilharia nos navios e nas fortalezas portuguesas, para organizá-las Fortes propõe que deveriam ser classificadas em três gêneros: Colubrinas, canhões e canhões pedreiros. Cada um dos três gêneros admite diferenças. Para diferenciarmos os três gêneros de peças de artilharia, deveremos comparar o comprimento da arma,  $L$ , com o diâmetro da boca da arma,  $\phi$ .

Uma *Colubrina* terá o comprimento igual a 32 vezes o diâmetro da boca, isto é,  $\frac{L}{\phi} = 32$ . Mas também existirão as *Colubrinas bastardas*,  $\frac{L}{\phi} = 26$ . Uma Colubrina, após ter sido reconhecida, poderá ser de diferentes espécies, conforme o *calibre* de suas balas, o qual é dado pela massa da bala empregada no armamento, medida em *libra* (Tabela II-3)<sup>248</sup>.

<sup>248</sup> A unidade de massa a que os portugueses davam preferência era o *arrátel*, que seria o equivalente à *libra*. Porém, em Portugal, a libra tinha 459 gramas, enquanto na Inglaterra apenas 453 gramas. Em *O Engenheiro Português*, tomo 2, Fortes utilizou a *libra* como unidade de massa para diferenciar as peças de artilharia. Portanto, fica evidente que entre as diferentes nações da Europa as balas esféricas de ferro de mesmo calibre poderiam possuir diâmetros diferentes.



**Tabela II-3:** Classificação das Colubrinas

<b>COLUBRINAS</b>	
Balas de 1 a 4 libras.	<i>Falconete ou Oitavo de Colubrina</i>
Balas de 4 a 6 libras.	<i>Sagre ou Quarto de Colubrina</i>
Balas de 6 a 12 libras.	<i>Meia Colubrina</i>
Balas de 12 a 25 libras.	<i>Colubrina inteira ou Legítima</i>

O *canhão* é a boca de fogo em que  $\frac{L}{\phi} = 18$ , e atira geralmente balas com massa de 25 a 48 libras. Existem exceções, e alguns chegam a atirar até balas de 100 libras. Como ocorreu com a *Colubrina*, a razão  $\frac{L}{\phi}$  e a massa da bala em libra definem a espécie do canhão (Tabela II-4).

**Tabela II-4:** Classificação dos canhões.

<b>CANHÃO</b>		
	$\frac{L}{\phi}$	<b>MASSA DA BALA (libra)</b>
CANHÃO	$\frac{L}{\phi} = 18$	$25 < m < 100$
MEIO CANHÃO	$18 < \frac{L}{\phi} < 20$	$16 < m < 25$
TERÇO DE CANHÃO	$17 < \frac{L}{\phi} < 18$	$10 < m < 13$
QUARTO DE CANHÃO <sup>249</sup>	$24 < \frac{L}{\phi} < 26$	$7 < m < 10$

Os *Pedreiros* são assim chamados porque atiram pedras, cadeias de ferro, canos de pistolas e outras mitralhas<sup>250</sup>. Em 1729, quando Fortes editava o segundo tomo do *Engenheiro Português*, esta arma já estava em desuso, principalmente os antigos pedreiros que atiravam balas de 80 a 100 libras.

<sup>249</sup>O *Quarto de Canhão* se assemelha à *Colubrina Bastarda*, por esta razão são reconhecidos como *acolubrinados*. As *Colubrinas Bastardas* atiram balas de 7 a 25 libras, enquanto o *Quarto de Canhão* atira balas menores, de 7 a 10 libras.

<sup>250</sup>FORTES, 1993b, p. 461.

Devido ao seu pequeno comprimento, que facilitava o manejo da peça, ainda eram utilizados em alguns navios. Nas Praças podiam ter bom uso nos flancos baixos dos baluartes. Os *Pedreiros* eram encontrados em três formas diferentes: Inteiro; Meio; Quarto (Tabela II-5).

**Tabela II-5:** Classificação dos Pedreiros.

<b>PEDREIROS</b>		
<b>TIPO DE PEDREIRO</b>	$\frac{L}{\phi}$	<b>MASSA DA BALA (libra)</b>
INTEIRO	$12 < \frac{L}{\phi} < 14$	$19 < m < 40$
MEIO	$12 < \frac{L}{\phi} < 14$	$10 < m < 18$
QUARTO	$12 < \frac{L}{\phi} < 14$	$4 < m < 10$

O canhão<sup>251</sup> era uma peça que podia ser diferenciada através de marcas impressas no seu corpo: números informavam seu peso; brasões identificavam o proprietário; e nas grandes peças também se encontrava o nome do mestre que o fez. Como uma verdadeira obra de arte, o canhão recebia o nome do seu criador. Cada canhão era único, não existiam dois iguais. Entretanto, para que possamos entender melhor porque eram únicos, precisamos saber um pouco sobre o processo da sua fabricação.

Como já foi dito acima, as primeiras bocas de fogo eram feitas de ferro forjado. Era um processo complicado pelo qual a peça de artilharia era montada com lâminas de ferro forjadas a quente. Porém, entre 1460 e 1545, as bocas de fogo passaram a ser feitas com metal fundido, utilizando uma técnica muito semelhante à que hoje é conhecida como da cera perdida. Esta técnica de fabricar canhões praticamente se manteve inalterada por três séculos.

O fundidor de canhões geralmente era um mestre que orgulhosamente deixava seu nome marcado em cada uma das grandes peças que fundia. Quando o canhão era de pequeno calibre, não possuía a identificação do

<sup>251</sup>Para simplificar, iremos de agora em diante denominar de canhão todas as peças de artilharia.

fundidor porque era feito pelos subordinados ao mestre, seus aprendizes. Além do nome do fundidor e o brasão<sup>252</sup> do proprietário, também era comum deixar marcada sobre a peça a sua massa, considerada na época como a medida do peso da peça, uma importante informação para os canhões marítimos, os quais precisavam ser corretamente distribuídos para não prejudicarem a estabilidade dos navios. A massa da peça era informada através de três números, escritos em sequência e precedidos do sinal de mais, para adicionar, ou de menos, para subtrair. A massa final seria o resultado de operações de somar e subtrair as quantidades em três unidades de massa diferentes: *quintaes*, *arrobas* e *arráteis*. Por exemplo, um canhão poderia ter a massa: +36; -1; -16. O primeiro número correspondia ao número de *quintaes*, o segundo ao de *arrobas*, e o terceiro ao de *arráteis*. Logo, a massa do canhão seria de +36 *quintaes*-1 *arroba* e -16 *arráteis*. Para o leitor moderno, seria mais fácil considerar a massa do canhão em quilogramas, pelo que, em correspondência às antigas unidades de massa portuguesas, teríamos<sup>253</sup>:

$$+(36).58,758\text{kg} - (1) 14,690\text{kg} - (16) 0,46 \text{ kg} = 2.093 \text{ kg.}$$

Os canhões eram peças cujo peso poderia ser de algumas toneladas.

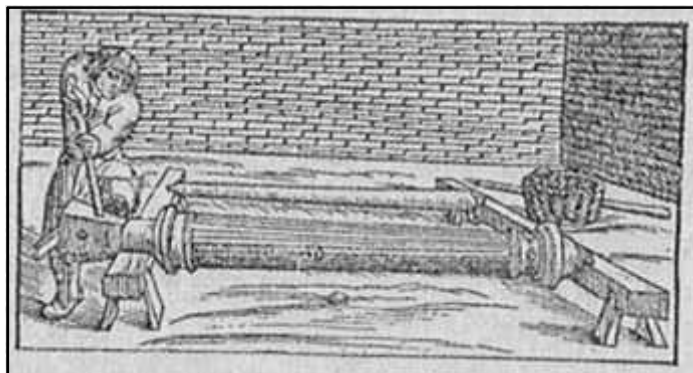
A fundição das peças de artilharia exigia que, em primeiro lugar, se fizessem os moldes para que finalmente no seu interior fosse vertido o metal derretido, ferro ou bronze. Um molde de uma peça de artilharia geralmente era composto de três partes. A primeira parte, a principal, daria forma à maior parte da superfície externa da peça, com exceção da culatra, que seria moldada pela segunda parte do molde. A terceira parte moldaria a cavidade interna da peça, a *alma*. O trabalho de um fundidor começava com a confecção da *matriz*, o molde que moldará o molde final. Assim sendo, primeiro o mestre fundidor deveria preparar a matriz e, por último, o molde. As matrizes poderiam ser feitas de madeira ou argila porque assim mais facilmente seriam retiradas do interior dos moldes.

A matriz da primeira parte do molde de uma peça de artilharia, se feita de madeira, acabava por parecer uma grande peça de artilharia torneada na

<sup>252</sup>O preço de um canhão praticamente o tornava um símbolo de poder.

<sup>253</sup>Veja o anexo 7 referente às medidas arcaicas.

madeira. Para torneare a grande tora da qual se faria a matriz, o artesão deveria mantê-la apoiada na posição horizontal sobre dois cavaletes (Figura II-41, primeiro plano), pois assim poderia girá-la com maior facilidade enquanto lhe dava forma com as ferramentas. A matriz do primeiro molde deveria ganhar, durante o torneamento, a forma externa da superfície da peça de artilharia.



**Figura II-41:** A figura nos mostra um artesão, no primeiro plano, utilizando o apoio de dois cavaletes para colocar em rotação a matriz do primeiro molde de uma peça de artilharia que poderia ser feita de madeira ou argila (Fonte: BIRINGUCCIO, 1966, figura II- 29, p.235).

No caso de o artesão pretender fazer a matriz da primeira parte do molde em *argila*, também será necessária uma grande tora de madeira cilíndrica de comprimento superior ao da peça de artilharia apoiada sobre cavaletes, como aquela que está representada no segundo plano da Figura II-41. Ao redor da tora se enrolava uma corda que será sobreposta por uma camada espessa de argila. Como auxílio de formas de madeira, sempre girando a tora ao longo do seu eixo longitudinal, o artesão modelava na argila a forma que queria dar à parte externa da peça de artilharia. Para finalizar, o artesão revestia a matriz com o desmoldante<sup>254</sup>.

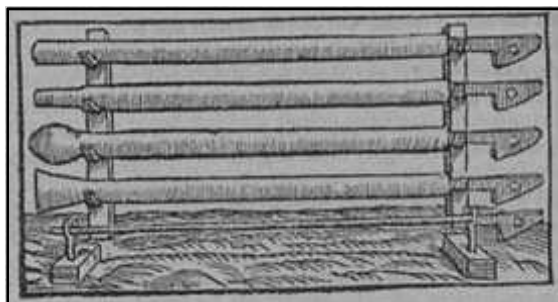
Com a matriz pronta, feita de madeira ou argila, o artesão fazia a primeira parte do molde utilizando uma argila que deveria ter a qualidade de não encolher ou quebrar facilmente quando submetida ao calor do fogo durante o cozimento. Com uma espessa camada deste tipo de argila, a matriz deveria ser coberta. Para dar mais resistência mecânica ao molde, a espessa camada de argila deveria ser reforçada por cintas de ferro. Para finalizar a confecção do

<sup>254</sup> ANDRADA e CASTRO (1993, p.63) descreveram esta técnica. No entanto, nada informaram sobre a natureza de tal desmoldante.

molde, a grande massa de argila que envolvia a matriz deveria ser cozida para endurecer. Para que a primeira parte do molde pudesse surgir diante dos olhos do artesão, a matriz deveria ser retirada do interior do molde, o que se fazia pondo fogo na matriz quando esta era feita de madeira e, no caso de ser feita de argila, simplesmente se tracionava a corda que inicialmente tinha sido enrolada ao redor da tora de madeira, um procedimento que resultaria na fragmentação da matriz de argila. Com a retirada da *matriz* surgia o *molde*, uma peça única, considerando que sua matriz tinha sido destruída.

A segunda parte do molde, aquela que dará forma à culatra, geralmente tinha esculturas que ali eram feitas para embelezar a peça de artilharia. Neste caso, a preparação da matriz, em madeira ou argila, exigia que o artesão tivesse a habilidade de um escultor, como afirmou Biringuccio<sup>255</sup>. Com a matriz pronta se preparava a segunda parte do molde, o da culatra, o qual deverá ter um ressalto de peça macho para que fique firmemente encaixado na primeira parte do molde.

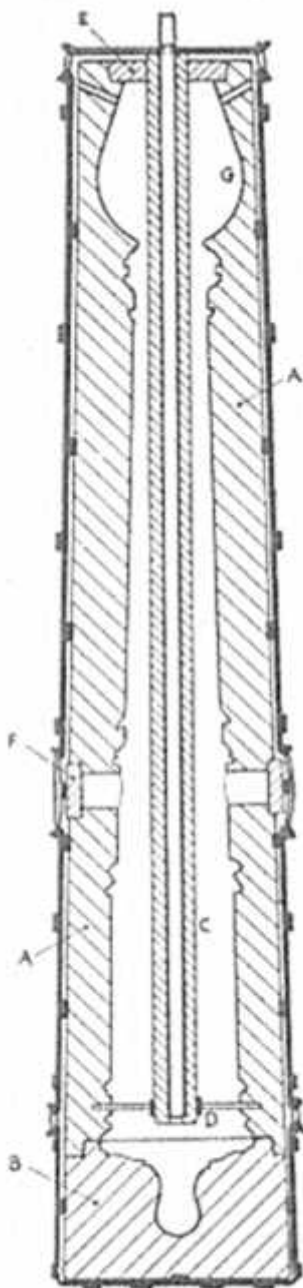
Como já foi dito, a terceira parte do molde deverá ter a forma da cavidade interna da peça, a *alma*, que na sua parte mais interna corresponde à câmara, local onde será depositada a carga de pólvora. As câmaras poderiam ter diversas formas, o que faria diferir a forma que se daria à extremidade do molde da alma (Figura II-42), que geralmente era modelado sobre uma grossa camada de argila que era depositada sobre uma haste como aquela que está mostrada na parte inferior da Figura II-42, sob os diversos tipos de moldes de alma.



**Figura II-42:**A figura mostra quatro moldes de *alma* com diferentes formatos de câmara nas extremidades. Na parte inferior da figura, abaixo dos moldes, observamos uma haste ao redor da qual se deveria fixar argila e torneá-la, sempre que se desejasse fazer um novo molde de alma (Fonte: BIRINGUCCIO, 1966, figura II- 30, p. 242).

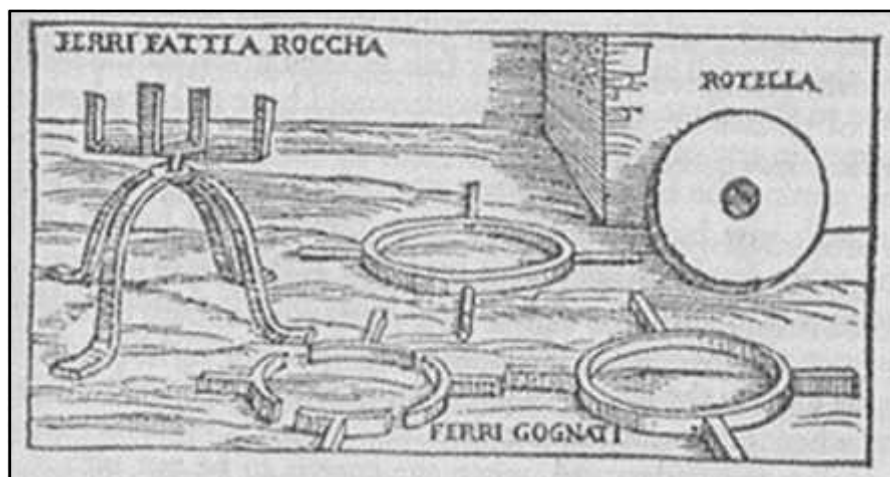
<sup>255</sup>BIRINGUCCIO, 1966, p.216.

Com a finalização da confecção dos três moldes da peça de artilharia, o conjunto deverá ser montado na posição vertical e próximo do forno de fundição (Figura II- 43).



**Figura II-43:** Molde da peça de artilharia na posição vertical: Primeiro molde (A), Segundo Molde (B), e Terceiro Molde (C). O Terceiro Molde deve ser mantido fixo e perfeitamente centralizado na cavidade oca da peça com o auxílio de dois anéis (D e E), os quais servem para fixar a *alma* às paredes do molde da peça de artilharia. A cavidade dos munhões é fechada por uma peça de argila (F). O metal será vertido no molde através da boca de alimentação (G) do molde. O molde para resistir ao calor e à pressão produzida pelo líquido de metal fundido deverá estar envolvido por uma forte armadura de ferro (Fonte: BIRINGUCCIO, 1966, Apêndice A, p.452).

Uma peça de artilharia poderia ser desqualificada se o seu eixo de simetria não coincidissem com o eixo de simetria da alma. Neste caso, seria impossível utilizar o recurso de apontar a arma para um alvo como forma de orientar a trajetória da bala<sup>256</sup>. A posição correta do eixo de simetria do terceiro molde era tão fundamental para qualificação da peça que justificava chamar a cavidade interna da peça de *alma*. Para manter este molde na posição correta, eram utilizados dois anéis de ferro (Figura II-44).



**Figura II-44:** Anéis de ferro próprios para fixação do molde da alma em sua correta posição, onde o eixo de simetria do molde coincide com o eixo de simetria da peça de artilharia (Fonte: BIRINGUCCIO, 1966, figura II- 31, p. 247).

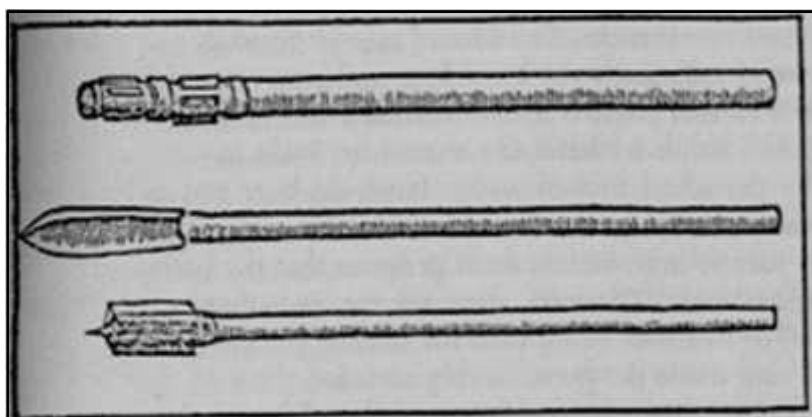
O mestre fundidor deveria verter o metal líquido no interior do molde da peça de artilharia com cuidado para que não provocasse a retirada do molde da alma da sua correta posição.

Os fabricantes de canhão sabiam que os gases produzidos durante a combustão da pólvora no interior da câmara fariam na culatra uma grande força capaz de quebrá-la, o que obrigava que naquela região a peça de artilharia tivesse suas paredes com a maior espessura. Entretanto, durante a fundição da peça, havia a tendência a formar porosidades e esponjosidades no

<sup>256</sup>Para ALPOIM (1744, p.95), quando o Artilheiro em Portugal laborava com uma peça *ladeada*, o que ocorria quando o eixo da alma não coincidia com o eixo de simetria da peça, deveria ter muita cautela no momento de fazer a pontaria. No entanto, em sua opinião, o melhor seria que sua Majestade tivesse rejeitado a boca de fogo, porque tais peças nunca fazem um tiro bom, por mais emendas que se façam na pontaria. Logo, com essas armas se gastam munições sem se conseguir um real serviço. Na opinião de ALPOIM (1744, p.66), os oficiais que aceitassem ter peças ladeadas deveriam ser castigados, pois colocam no Real serviço instrumentos que tiram a honra dos Artilheiros que, em presença dos seus Generais, nunca conseguem acertar um tiro, cuja falha normalmente se atribui ao pobre oficial e não à peça.

bronze<sup>257</sup>, o que deveria ser evitado para que a peça não se tornasse frágil. Os efeitos negativos que a porosidade, a esponjosidade e a presença de impurezas teriam na resistência do metal poderiam ser minimizados se o bronze fosse fundido a grande pressão<sup>258</sup>. A técnica utilizada na fabricação dos canhões, na qual o molde era mantido na posição vertical enquanto se vertia o metal fundido, produzia uma coluna de metal líquido cujo peso causava uma elevada pressão na base, onde se encontrava a culatra do canhão. Desta forma, a grande pressão na base evitava a formação de bolhas e esponjosidades<sup>259</sup>.

Quando tudo já estivesse frio, para finalizar, o molde era quebrado e assim surgia a peça de artilharia, que ainda não estava pronta porque precisava receber os últimos acabamentos. Com o auxílio de uma broca se perfurava o ouvido até alcançar a câmara no interior da peça<sup>260</sup>. Com brocas maiores que penetravam na peça pela abertura da boca da alma, o artesão corrigia as imperfeições que poderiam existir na superfície da cavidade interna da peça, assim como com outras brocas lhe dava polimento (Figura II-45).



**Figura II-45:**Conjunto de brocas que eram utilizadas para desbastar e polir as paredes da alma da peça de artilharia. (Fonte: BIRINGUCCIO, 1966, figura II- 57, p. 311).

<sup>257</sup>O bronze de canhão apresenta tendência a porosidades e esponjosidades. O exame dos destroços de canhões, segundo GUILMARTIN (1981, p.6), mostra que o material dilacerado parece uma esponja rasgada.

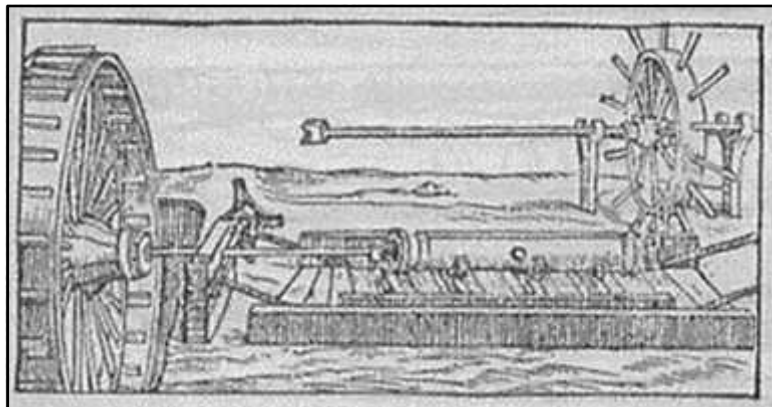
<sup>258</sup>GUILMARTIN, 1981,p.6.

<sup>259</sup>Evangelista Torricelli (1608-1647), discípulo de Galileu, estudou a grandeza física da pressão na base de colunas de líquidos ou gases. No entanto, os fabricantes de canhões já utilizavam *qualitativamente* tal conceito antes que Torricelli o tivesse estudado de forma *quantitativa*.

<sup>260</sup>Em uma batalha perdida, quando os artilheiros em fuga deixavam para trás as pesadas peças de artilharia, estas deveriam ser inutilizadas para evitar que o inimigo ainda delas fizesse uso na batalha. Para inutilizar a peça, o artilheiro martelava um cravo de metal no ouvido da peça.

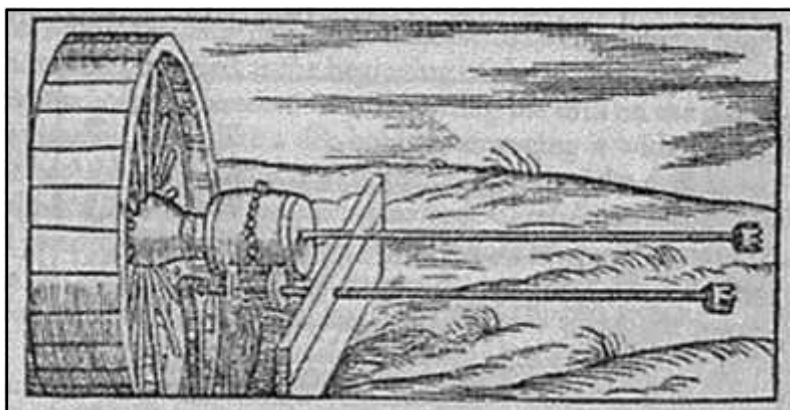


Vannoccio Biringuccio descreve no seu texto as diferentes máquinas que utilizava para movimentar suas brocas. Em uma delas, com a broca presa ao eixo de uma grande roda de madeira, esta girava com a mesma velocidade de rotação que a roda (Figura II-46). O movimento da roda, explica Biringuccio, poderia ser mantido por um homem caminhando no seu interior. A peça de artilharia, mantida na horizontal fixa a uma carreta, deveria ser empurrada para ir ao encontro da broca.



**Figura II-46:** Mecanismo construído por Biringuccio para dar movimento a uma broca que desbasta e dá acabamento à superfície interna da alma de uma peça de artilharia fixa em uma carreta horizontal (Fonte: Biringuccio, 1966, figura II- 55, p.309).

Em um segundo modelo de máquina, um conjunto de engrenagens acopladas ao eixo da grande roda de madeira (roda motora) permite que duas brocas girem ao mesmo tempo com velocidades diferentes. Nesta máquina, será possível de uma só vez dar acabamento em duas peças de artilharia (Figura II-47).



**Figura II-47:** Mecanismo construído por Biringuccio para dar movimento a duas brocas com diferentes rotações que desbastam e dão acabamento à superfície interna da alma de uma peça de artilharia fixa em uma carreta horizontal (Fonte: Biringuccio, 1966, figura II- 56, p.310).

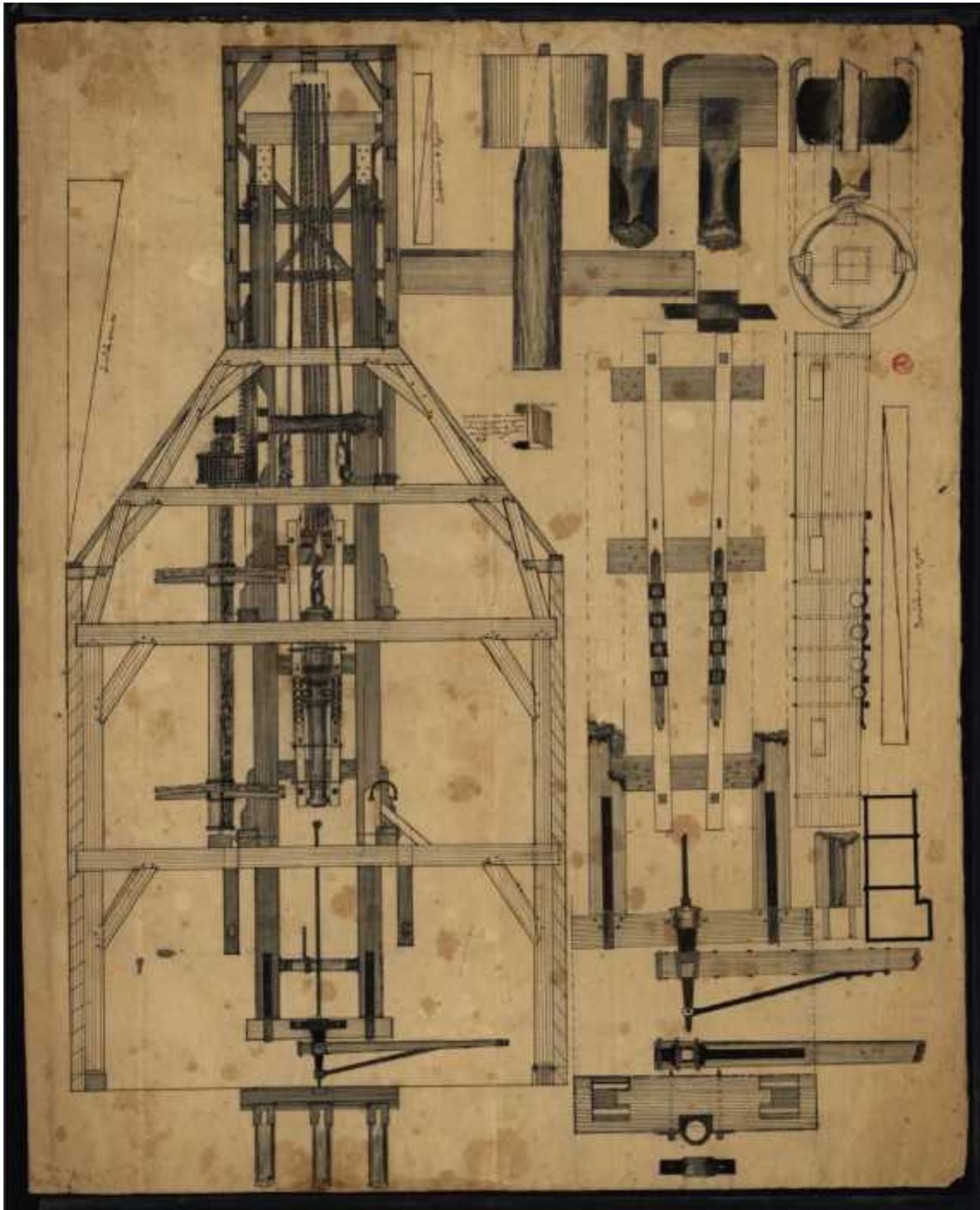
Para movimentar no plano horizontal as pesadas peças de artilharia, deveriam ser necessários grandes esforços físicos dos artesãos e seus auxiliares. O mais simples seria movimentá-las com auxílio de roldanas na direção vertical, como mostra a Figura II-48.

A descrição do processo de fabricação de uma peça de artilharia torna evidente porque se afirma que cada peça de artilharia era única.

Como a técnica de fabricação não permite o reaproveitamento do molde e da matriz empregados na fabricação de um dado canhão, pois são quebrados [ou queimados] durante o processo, tal fato impossibilita a reprodução exata de duas peças de artilharia. De onde se conclui que não existiam duas iguais.<sup>261</sup>

---

<sup>261</sup>ANDRADA, 1993, p.93.



**Figura II-48:** O Desenho representa um grande mecanismo utilizado para desbastar e dar acabamento às superfícies da alma. Um conjunto de roldanas que compõem um talha exponencial é utilizado para controlar o movimento vertical de uma peça de artilharia que desce guiada, indo ao encontro da broca mantida na vertical com seu eixo longitudinal coincidente com o eixo longitudinal da peça de artilharia. A broca tinha o seu movimento de rotação produzido pelo braço de uma alavanca que deveria ser acionado com muito cuidado pelo artesão para que não quebrasse a broca no interior da peça durante a operação, o que inutilizaria a peça de artilharia (Fonte: [Planta, alcados e cortes de engenhos para fundição de canhões] [visual gráfico]. Biblioteca Nacional de Portugal, Coleção Iconografia, Cota D.335.V (reservados), publicação: 17—(c.1700). A digitalização da imagem do arquivo foi feita em 17/07/2009, atendendo ao pedido de reprodução de Ricardo Vieira Martins n.549/2009).

### II.3.10 A espingarda portuguesa

Os armeiros ferreiros fabricavam armas brancas, mas alguns eram espingardeiros e até relojoeiros. Como os artesãos fundidores, os armeiros também possuíam Carta de Privilégio que geralmente lhes garantia em qualquer parte do território português em que estivessem a serviço do rei o direito a moradia ou uma ajuda de custo para a moradia, a *aposentadoria*. Também como privilégio, os artesãos recebiam a permissão para ter uma tenda aberta para prestar serviços pagos à população em geral. Os ferreiros e os serralheiros poderiam estar a serviço do rei, como também trabalhando nas obras de uma Instituição, como a Universidade de Coimbra ou uma Igreja. Sousa Viterbo, em suas pesquisas na Torre do Tombo, conseguiu determinar o nome de 56 desses artesãos<sup>262</sup> que trabalharam contratados pela Coroa entre os séculos XIV e XVII. Em sua grande maioria, eles eram alemães e espanhóis<sup>263</sup>. Os espanhóis geralmente eram provenientes de Biscaia, que era a região ao norte da Espanha onde existia grande riqueza de minérios e há séculos seus habitantes se dedicavam às indústrias extrativas e às artes metálicas. No norte de Portugal, a cidade de Braga ganhou fama por possuir as melhores oficinas de armas brancas e espingardeiros. No entanto, não podemos pensar que no Reino se fabricou a maior parte da armaria portuguesa. Apesar da existência do arsenal em Lisboa, das armarias de Barcarena e Santarém e de muitas outras oficinas espalhadas pelos domínios ultramarinos, a importação de armas do estrangeiro sempre foi considerável. As armaduras vinham geralmente de Biscaia, enquanto as espingardas procediam, por intermédio da feitoria que Portugal mantinha em Flandres, da Alemanha e principalmente da Boêmia<sup>264</sup>.

A espingarda não era apenas uma arma para a guerra, mas também um instrumento de caça. Assim sendo, mesmo durante os períodos de paz, a

---

<sup>262</sup>Veja o anexo 2.

<sup>263</sup>Concluiu Sousa Viterbo em seu estudo que a possibilidade de escrever a história da armaria portuguesa a partir de fontes primárias está bem prejudicada devido ao desaparecimento quase por completo da maior parte dos documentos. Assim sendo, apesar de serem poucos os nomes que conseguiu levantar em suas pesquisas, apenas 56, mesmo assim considera que se tornaram o núcleo de um inventário que outros pesquisadores ainda poderão expandir (VITERBO, 1907, p.12).

<sup>264</sup>VITERBO, 1908, p.2.

espingarda foi cultivada como uma arma da qual se buscava tirar o melhor tiro, o tiro certo no ato da caça. No final do século XVII, alguns membros da fidalguia portuguesa demonstravam ser apaixonados pela espingarda de caça, e mantinham às suas custas artesãos e oficinas próprias onde os mestres espingardeiros fabricavam espingardas sempre considerando as modernas inovações que surgiam entre as armas estrangeiras. Nessa época, os fidalgos não se dedicavam à prática do fazer com as próprias mãos, algo censurável e objeto do desprezo. Mesmo assim, alguns de seus membros demonstravam apreciar os mecanismos dos fechos das espingardas e as técnicas de fabricação das coronhas e dos canos. Nas suas oficinas particulares procuravam incentivar mestres artesãos a produzirem a espingarda perfeita. Como consequência, em 1718, nas oficinas de Antonio Pedrozo Galram, foi publicado o mais antigo e mais completo tratado que se conhece sobre a arte de fazer espingardas: *Espingarda Perfeita & regras para a sua operação com circunstancias necessarias para o seu artificio, & doutrinas uteis para o seu melhor acerto*. Nesse tratado, oferecido ao rei D. João V, seus autores revelaram os segredos tão ciosamente guardados pelos mestres espingardeiros portugueses de uma das mais prestigiadas corporações metalúrgicas. Para não serem punidos pela Corporação, os autores da *Espingarda Perfeita* ocultaram os seus nomes verdadeiros. No frontispício da obra (Figura II-49), onde aparece o nome dos autores, Cesar Fiosconi e Jordam Guseiro, segundo afirmam Sousa Viterbo<sup>265</sup> e W. Keith Neal<sup>266</sup>, os nomes que ali estão são anagramas italianizados dos destacados mestres armeiros José Francisco e seu irmão João Rodrigues, cujas marcas de punção constam da gravura que adorna o frontispício do livro<sup>267</sup>. A maioria dos livros publicados na primeira edição foi destruída e restam conhecidos apenas 16 exemplares. Outro fato, que demonstra que seus autores foram vítimas da censura da Corporação, é que até hoje não se encontrou um único exemplar de espingarda fabricada pelos espingardeiros autores da obra<sup>268</sup>. O primeiro

---

<sup>265</sup>VITERBO, 1908, p.164.

<sup>266</sup>NEAL, 1994.

<sup>267</sup>Na verdade, a obra possuía três autores, que eram irmãos: “César Fiosconi”, na realidade José Francisco; “Jordan Guseiro”, que é João Rodrigues; e Manoel António. Não se sabe a razão de o terceiro autor não ter o seu nome colocado no frontispício da obra (NEAL, 1994).

<sup>268</sup>DAEHNHARDT, 1974.

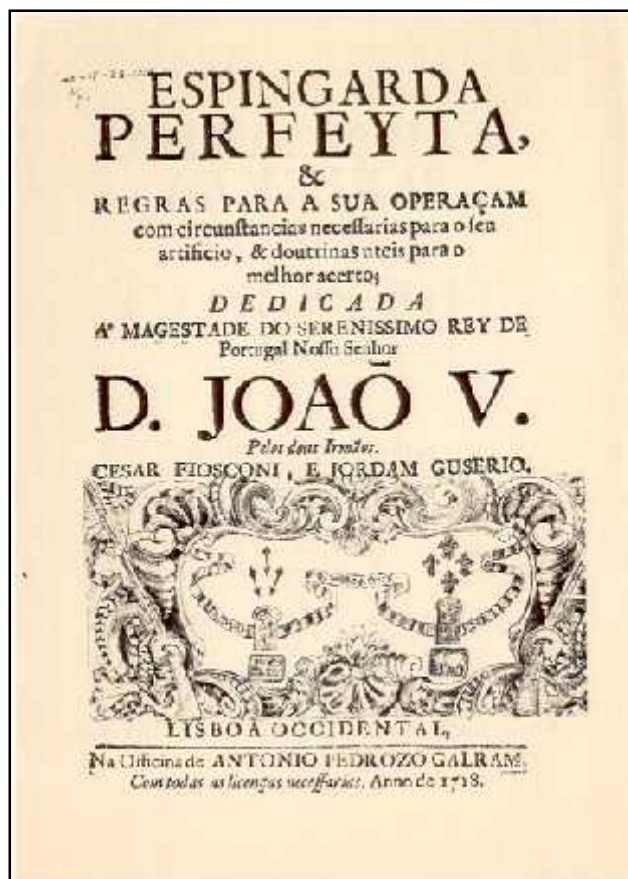
capítulo do livro tem no seu cabeçário as letras IHS<sup>269</sup>, que é o símbolo da Companhia de Jesus, um pequeno detalhe que também se encontra na primeira obra portuguesa sobre Artilharia –*Tratado da Artilharia e Artificio do Fogo – Tirada de Vários Autores* –, um trabalho feito pelo condestável da cidade de Elvas, Balthezar [Baltazar] Dias, em 1700, ao qual voltaremos a nos referir mais tarde, em outro capítulo. Qual a razão de a Companhia de Jesus deixar sua marca em algumas obras sobre armas e Artilharia? Os autores seriam militares que se converteram à vida religiosa como membros da Companhia de Jesus, o que na época não era raro? A busca das respostas a estas perguntas fogem ao escopo desta Tese, no entanto deixo-as aqui registradas na esperança de provocar a curiosidade de outros pesquisadores<sup>270</sup>.

A qualidade do texto, a linguagem rebuscada e precisa com a qual foi escrita a *Espingarda Perfeita*, nos deixam a impressão de que seus autores possuíam uma formação incomum para artesãos ou receberam de letrados, fidalgos ou religiosos o apoio na revisão do texto final. O texto é um legado à posteridade, como foi a obra de Vannoccio Biringuccio, *A Pirotechnia* (1540), e a obra *De Re Metallica* (1556), escrita por Georgius Agrícola.

---

<sup>269</sup>A três letras IHS, símbolo da Companhia de Jesus, significavam “Iesus Hominum Salvator”, ou “Jesus Salvador dos Homens”.

<sup>270</sup>Ao incauto leitor, pode parecer que a ação missionária não combina com conhecimentos da arte da guerra. O jesuíta Adão Schall Von Bell, nascido em Colônia, foi enviado a Macau pela Companhia de Jesus, via Lisboa e Goa, e acabou por assumir as funções de Primeiro-Ministro do Imperador da China, em Pequim, onde fundiu canhões de grande envergadura (DACHNHARDT, 1994, p.16).



**Figura II-49:** Frontispício da obra *Espingarda Perfeita & regras para a sua operação com circumstancias necessarias para o seu officio, & doutrinas uteis para o seu melhor acerto.*

A forja era a principal ferramenta dos espingardeiros, e o carvão que as alimentava era muito importante para se obter o melhor resultado, e dele o espingardeiro não poderia se descuidar. Em Portugal, no final do século XVII, os espingardeiros não utilizavam carvão vegetal:

O carvão com que se trabalha nesta cidade [Lisboa] nos officios do fogo é de pedra [carvão mineral], e este vem de fora do Reino, como é de Castilnovo, Scorcia, Mistor, e de outras partes, e de todas as sobreditas, o melhor é de Castilnovo, por ser mais forte [sic].<sup>271</sup>

O carvão mineral era mais caro, porém mais durável e produzia um fogo forte. Nunca poderia estar contaminado com o enxofre, o que impediria que se caldeasse com perfeição. Na forja deveria haver boa ventilação através de foles. Os *ingleses* eram os mais recomendados porque promoviam sempre um vento brando, o que não ocorria com os portugueses.

<sup>271</sup> FIOSCONI, GUSEIRO, 1974, cap. X, pp. 100-101.

Com o mesmo ferro com que o ferreiro fazia a charrua também poderia fazer uma espada, mas não seria com ele que faria uma ferradura ou o cano de uma espingarda. O bom ferreiro deveria saber escolher o ferro mais adequado ao uso que lhe daria. Os autores da *Espingarda Perfeita* afirmaram que os espingardeiros portugueses trabalhavam com ferro estrangeiro, não porque o que era produzido em Portugal era de má qualidade, mas porque o outro chegava em grande quantidade aos portos portugueses. O ferro produzido em Portugal, que dava mostra da sua boa qualidade, era todo gasto na fundição de artilharia<sup>272,273</sup>. Como nem todo o ferro importado era de boa qualidade, deveria o artesão saber avaliá-lo. Com um golpe de talhadeira se retirava uma lasca do ferro e, a seguir, com a mão a quebrava para que mostrasse seus grãos. As barras importadas da Alemanha e da Suécia não eram homogêneas, o que não se verificava nas que chegavam de Biscaia. A aparência da granulação e dos veios contidos em uma barra determinava o melhor uso que se poderia dar ao ferro examinado.

Com a forja preparada para o trabalho, após a escolha do melhor ferro, o espingardeiro estaria pronto para iniciar a confecção do que considerava ser o mais perfeito cano de espingarda, fruto da experiência que os mestres artesãos espingardeiros portugueses acumularam durante os três séculos que precederam o século XVIII.

No século XV, D. Afonso V contratou muitos mestres artesãos de fazer bestas, mas também nesta época começam a surgir em Portugal os mestres estrangeiros espingardeiros<sup>274</sup>. Um fato relevante para a história das técnicas é que o aparecimento do arcabuz e do mosquete não fez desaparecer a besta. As duas armas de arremesso conviveram até o século XVII, demonstrando que uma inovação tecnológica não faz desaparecer imediatamente a tecnologia precedente, ao que já nos referimos quando estudamos as lâminas de espadas de aço em substituição às de bronze.

---

<sup>272</sup>FIOSCONI, GUSEIRO, 1974, p.80-88.

<sup>273</sup>O grifo é meu. Onde estão as peças de artilharia de ferro fundidas no Reino português? Entre as peças de artilharia expostas no Museu Histórico Brasileiro, no Museu Naval do Rio de Janeiro ou no Museu Militar de Lisboa, não há nenhum exemplar de peça de ferro fundida nos arsenais portugueses em época anterior ao século XVIII. Desta forma, não podemos considerar confiável a afirmação de que em Portugal se utilizava o ferro para fundir peças de artilharia (MARTINS, 2009a).

<sup>274</sup>Ver anexo IV.



Em 1461, Pero Vasques, residente em Lisboa, é provavelmente o primeiro mestre de fazer espingardas que exerceu o seu ofício em Portugal<sup>275</sup>. Entre os primeiros também podemos citar Juda Abenrey<sup>276</sup>, que fabricava bestas e espingardas, e Mousem Farache<sup>277</sup>, ambos judeus. No século XV, em Portugal, as artes metálicas eram dominadas por artesãos judeus e mulçumanos, ao ponto de haver uma espécie de ferro denominado *aço mourisco*<sup>278</sup>.

As primeiras espingardas surgiram no século XIV. Estas eram apenas um cano, semelhante a um pequeno canhão, preso à extremidade de um cabo de madeira. Dois homens seriam necessários para servir a este tipo de espingarda primitiva. Enquanto um segurava e apontava a arma para o alvo, o outro, portando uma mecha acesa, dava fogo à arma. Por volta de 1470, em Nuremberg (Figura II-50), surge um novo tipo de espingarda, o Mosquete de Nuremberg, a qual possuía um sistema para produzir a ignição da pólvora que dispensava o uso do segundo homem. A nova invenção modificou para sempre a composição de uma espingarda, que deixou de ser formada por apenas por um cano preso a uma coronha, e ganhou um terceiro elemento que se movimentava como um cão carregando a mecha acesa na boca. O terceiro elemento, o *cão*, levava o fogo até a cassoleta, que era o nome que se dava à cavidade na extremidade do ouvido da arma, o qual nada mais era do que um pequeno depósito de polvorim na entrada do ouvido da arma (Figura II-51). Para proteger a pólvora da chuva e do vento, a cassoleta tinha uma pequena tampa que era mantida fechada enquanto a arma não estivesse em uso.

---

<sup>275</sup>Torre do Tombo. Chancelaria de D. Afonso V, liv. 1, fl. 105.

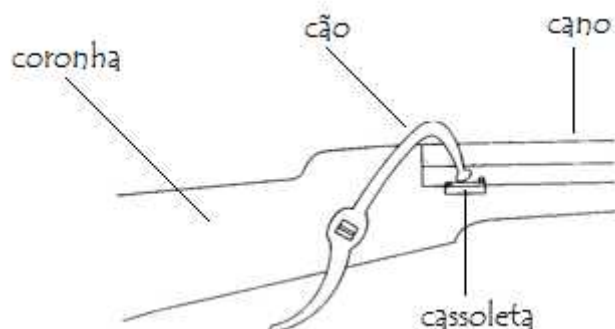
<sup>276</sup>Torre do Tombo, Chancelaria de D. Afonso V, liv. 29, fl. 253 v.

<sup>277</sup>Mestre de espingardas, Judeu serviu ao rei em Portugal e na África (Tenencia, liv. 170, fl. 124-126 v.).

<sup>278</sup>VITERBO, 1908, p. 1.



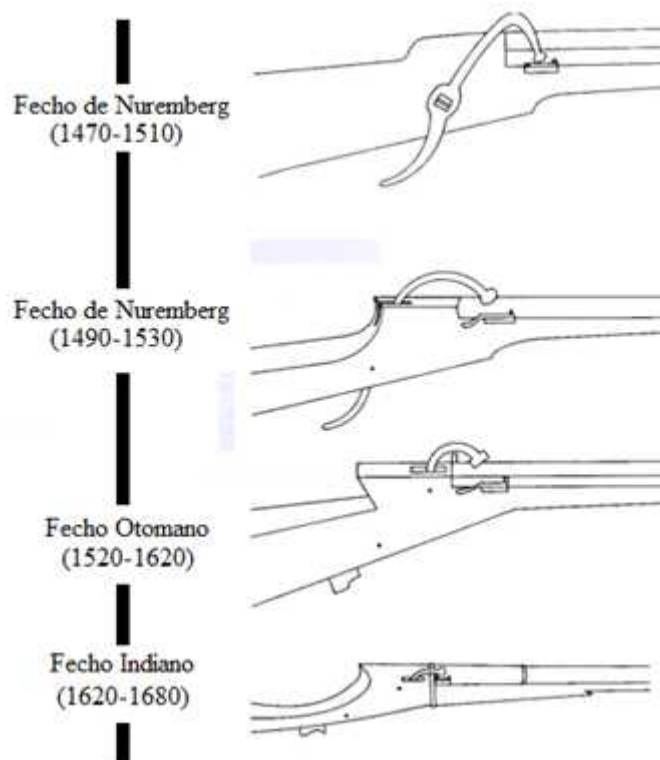
**Figura II-50:** Cidade de Nuremberg, em 1493. (Fonte: Wikipedia, em 14/10/2012, imagem de domínio público, escaneada por Michel Wolgemut do livro original, editado em 1493, Die Schedelsche Weltchronik [Crônica de Nuremberg], de autoria de Hartmann Schedel.)



**Figura II-51:** Fecho de Mecha de Nuremberg, século XV (Fonte: DAEHNHARDT, Rainer. *Espingarda Feiticeira – A introdução da Arma de Fogo pelos Portugueses no Extremo-Oriente*. Portugal: Texto Editora, 1994, p.72).

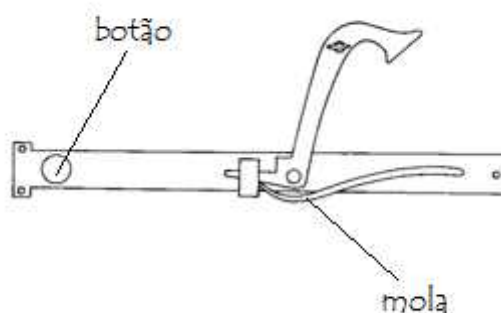
O fecho de mecha de Nuremberg rapidamente se espalhou pela Europa central, passando da Alemanha para a Áustria e desta para o Império Otomano, onde dele fizeram uma nova versão, o Fecho Otomano, introduzido pelos mulçumanos na Pérsia e na Índia (Figura II-52)<sup>279</sup>.

<sup>279</sup>DACHNHARDT, 1994, p. 46.



**Figura II-52:** Evolução do fecho de Nuremberg de cerca de 1470 até 1680, quando passou da Alemanha para a Áustria e, a seguir, para o Império Otomano, que o conduziu à Índia (Fonte: DAEHNHARDT, Rainer. *Espingarda Feiticeira – A introdução da Arma de Fogo pelos Portugueses no Extremo-Oriente*. Portugal: Texto Editora, 1994, pp.66-67).

O cão no fecho de Nuremberg era movimentado lentamente de trás para frente, recolhendo-se em seguida à posição inicial. Para fazer o movimento do cão mais rápido, na região da Boêmia os espingardeiros desenvolveram um novo tipo de fecho, o Fecho da Boêmia (Figura II-53). Neste, o cão passou a ter duas posições: uma de descanso sobre a cassoleta e outra recuada da cassoleta sobre a tensão de uma mola que traria a boca do cão contra a cassoleta tão logo fosse destravada, o que seria feito pressionando um botão com o dedo polegar. O inconveniente deste fecho era que a colisão da mecha contra a cassoleta eventualmente poderia apagá-la ou espalhar o polvorim depositado na cassoleta.



**Figura II-53:** Fecho da Boêmia com botão. Como gatilho, possui um botão que se pressiona com o polegar da mão direita, libertando o cão para que seja empurrado pela força da mola e conduza a mecha acesa para dentro da cassoleta (Fonte: DAEHNHARDT, Rainer. *Espingarda Feiticeira – A introdução da Arma de Fogo pelos Portugueses no Extremo-Oriente*. Portugal: Texto Editora, 1994, p.76).

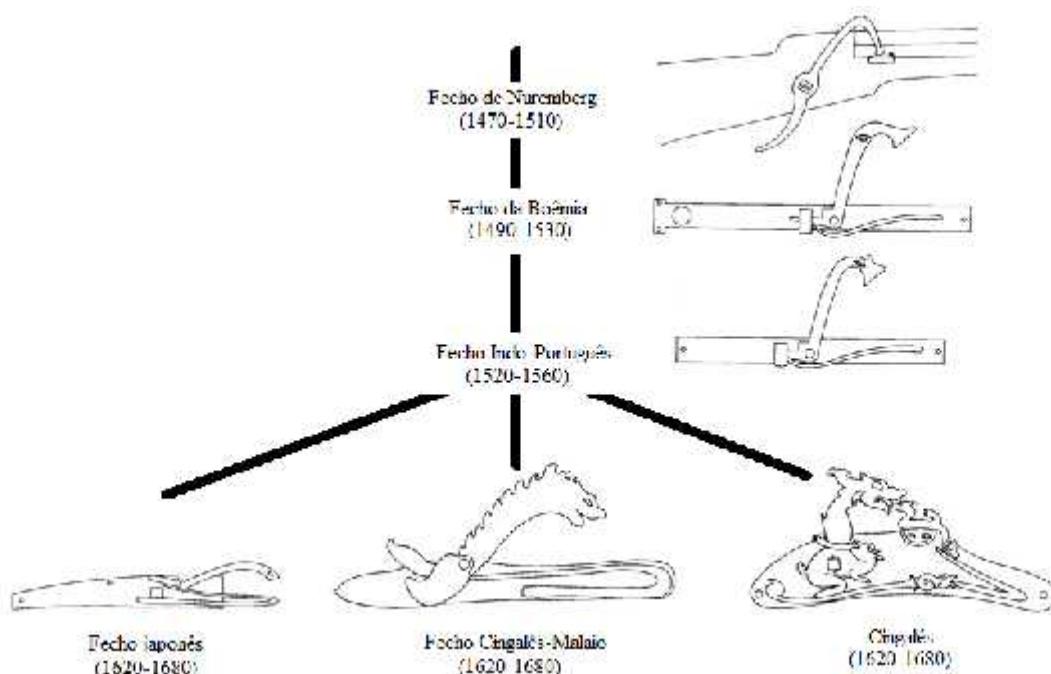
No século XV, Portugal importava a maior parte dos arcabuzes e mosquetes da sua armaria da região da Boêmia<sup>280</sup> (Figura II-54). Com essas armas, no final do século, os portugueses causaram admiração e espanto aos ameríndios. No entanto, o mesmo não ocorreu com os povos que habitavam a Índia, os quais já fabricavam espingardas nos seus arsenais. Em 1510, com a conquista definitiva de Goa, os portugueses resolveram ampliar o arsenal do porto para reparar seus navios e ali fabricar armas e pólvora. Em 1513, Afonso de Albuquerque enviou para Lisboa alguns exemplares de espingardas que foram fabricadas pelos espingardeiros goeses, para que o rei D. Manuel I as examinasse. Na opinião de Albuquerque, as espingardas goesas eram tão boas quanto as que Portugal importava da Boêmia.

No Arsenal de Goa os espingardeiros portugueses e goeses trabalharam lado a lado fabricando espingardas, trocando conhecimento. Desta parceria, surgiu um novo tipo de espingarda que fundia as características das espingardas luso-alemãs que vinham de Lisboa com as espingardas goesas e mulçumanas. Assim surgiu a *espingarda de mecha Indo-Portuguesa*, para a qual se criou em Goa a *Casa das Dez Mil Espingardas*<sup>281</sup>. Com a expansão das rotas marítimas para o leste (Figura II-55), cerca de 1543, dois naufragos portugueses introduziram uma dessas espingardas em Nagasáqui, uma arma

<sup>280</sup>No século XIV, os principais centros da espingardaria na área germânica foram Nuremberg e Augsburg, no sul da Alemanha, e na Boêmia, a região de Pilsen, atualmente localizada na República Checa..

<sup>281</sup>DAEHNHARDT, 1994, pp. 36-41.

que foi copiada aos milhares durante séculos no Japão<sup>282</sup>. Em Nagasáqui, os portugueses estabeleceram uma feitoria e no arsenal, pela primeira vez, se fundiu canhões no Japão.



**Figura II-54:**As espingardas que os portugueses utilizaram para conquistar Goa eram armas importadas principalmente da Boêmia. No arsenal de Goa, os espingardeiros goeses e portugueses trabalharam juntos trocando conhecimentos, e um novo tipo de fecho de mecha surgiu, o Fecho Indo-Português, que os portugueses introduziram no Japão, na Malásia e no Ceilão, onde dele os povos locais fizeram novas versões Fonte: DAEHNHARDT, Rainer. *Espingarda Feiticeira – A introdução da Arma de Fogo pelos Portugueses no Extremo-Oriente*. Portugal: Texto Editora, 1994, pp.66-67).

A principal razão de Goa ter sido escolhida como principal arsenal de Portugal no Oriente foi sem dúvida o fato de ali já existir, na época da conquista, um elevado número de excelentes artesãos que se ofereceram de boa vontade para trabalhar lado a lado com os portugueses. O intercâmbio de técnicas foi tão produtivo que o Vice-Rei da Índia, Afonso de Albuquerque, promoveu a ida de espingardeiros goeses para o Arsenal de Lisboa<sup>283,284,285</sup>.

<sup>282</sup>DACHNHARDT, 1994, p. 31.

<sup>283</sup>DACHNHARDT, 1994, p. 38.

<sup>284</sup>Sousa Viterbo (anexo 4) não descobriu nenhum documento que fizesse alguma referência aos espingardeiros goeses (VITERBO, 1908).

<sup>285</sup>Os portugueses conseguiram uma boa integração com diferentes povos com diferentes culturas. Para isso, muito contribuiu a atitude de incentivar os poucos portugueses que chegavam a terras distantes a constituírem famílias com as mulheres locais. Outra atitude importante foi o oferecimento de armas quando se presenteava um potencial inimigo, o que seria uma demonstração pública da confiança no futuro do novo relacionamento (DACHNHARDT, 1994, p. 27).



**Figura II-55:** Os portugueses, armados com espingardas fabricadas no arsenal de Goa, com fechos do tipo Indo-Português, seguiram para o leste e estabeleceram novas feitorias no Ceilão, na Malásia e no Japão (Fonte: Localização no mundo, [www.pt.wikipedia.org](http://www.pt.wikipedia.org), em 13/10/2012).

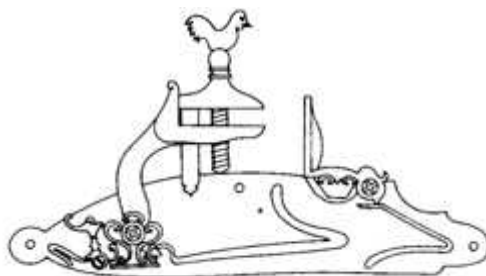
O fecho da Boêmia, também conhecido como modelo *Schnapp-Lunte*, com o rápido movimento do cão que colidia contra a cassoleta, poderia produzir acidentalmente faíscas e a ignição da pólvora, mesmo em uma arma onde o cão não estivesse conduzindo uma mecha acesa, um perigoso inconveniente que fez com que tivesse sido utilizado nas espingardas com uso militar apenas até a primeira metade do século XVI<sup>286</sup>, o que fez deste tipo de fecho na atualidade uma raridade. O fecho da Boêmia é totalmente diferente de quase todos os mecanismos das armas de mecha europeias e indianas ainda existentes, onde o cão se aproxima devagar da cassoleta, comunica fogo e novamente se afasta para trás. Este foi o mecanismo que se manteve em uso até o século XVIII. No entanto, a raridade do fecho da Boêmia fez com que não se percebesse que ele é o “pai das armas de mecha japonesa, malaia e cingalesa, como também das armas de pederneira de todo o mundo”<sup>287</sup>.

O violento e inadequado movimento do cão no fecho da Boêmia, o qual provocou o seu abandono, fez surgir um novo tipo de fecho, o Fecho de Pederneira, no qual o cão passou a conduzir na *boca* uma pedra de sílex no lugar da mecha acesa, e a tampa da cassoleta passou a ter a forma de uma cantoneira em ângulo reto. O impacto da pedra sílex contra a parte elevada da

<sup>286</sup>DACHNHARDT, 1994, p.58.

<sup>287</sup>DACHNHARDT, 1994, pp. 51-52

tampa, o *fusil*, provoca concomitantemente faíscas e a abertura da tampa. Com a tampa da cassoleta aberta, as faíscas alcançam o polvorim. Como neste fecho não se usava uma mecha acesa, as espingardas que o utilizavam se tornaram as preferidas para o uso noturno ou nas emboscadas. O primeiro dos fechos de pederneira inventados em Portugal foi o Fecho de Anselmo, que foi utilizado desde a primeira metade do século XVI (Figura II-56)<sup>288</sup>.



**Figura II-56:** Fecho de Anselmo de uma só posição. Trata-se do primeiro tipo de fecho de pederneira. Uma pedra de sílex, presa entre os lábios do cão, é lançada contra a tampa da cassoleta no fuzil, que enquanto abre a tampa, lança faíscas na pólvora localizada na extremidade do ouvido da câmara da arma de fogo (Fonte: DAEHNHARDT, Rainer. *Espingarda Feiticeira – A introdução da Arma de Fogo pelos Portugueses no Extremo-Oriente*. Portugal: Texto Editora, 1994, p.85).

Nos fechos de Anselmo, o *cão*, antes do disparo, deveria ser recuado e permanecer em repouso afastado do *fusil*. Mas o mecanismo não tinha nenhuma trava de segurança, o que eventualmente causava disparos acidentais e de graves consequências. Para dar solução ao problema, foi criado um novo tipo de fecho, o Fecho de Molinhas, que tinha uma trava de segurança à moda Alemã (Figura II-57).

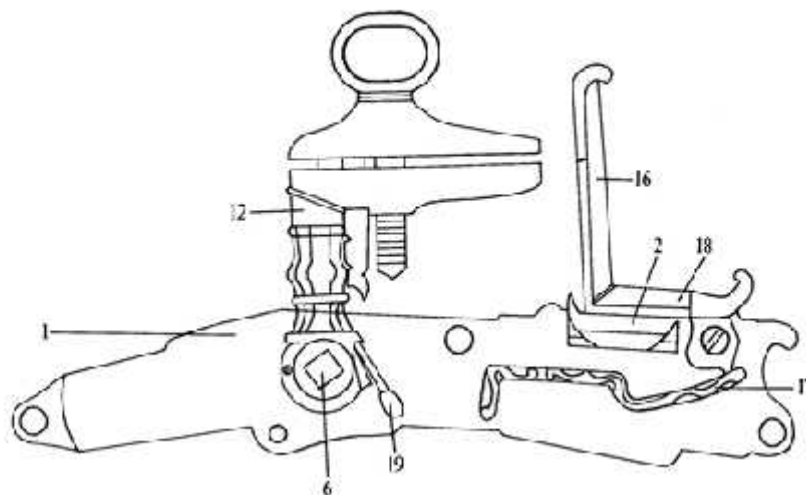


**Figura II-57:** Fecho de Molinhas com segurança à Alemã. Este é o mais antigo exemplar de fechos de pederneira que se conhece, e que foi fabricado no Arsenal de Lisboa entre 1540 e 1550, possivelmente por um espingardeiro alemão que pode ter sido o inventor do fecho (Fonte: DAEHNHARDT, Rainer. *Espingarda Feiticeira – A introdução da Arma de Fogo pelos Portugueses no Extremo-Oriente*. Portugal: Texto Editora, 1994, pp.87-88).

<sup>288</sup> DACHNHARDT, 1994, pp. 52-53.

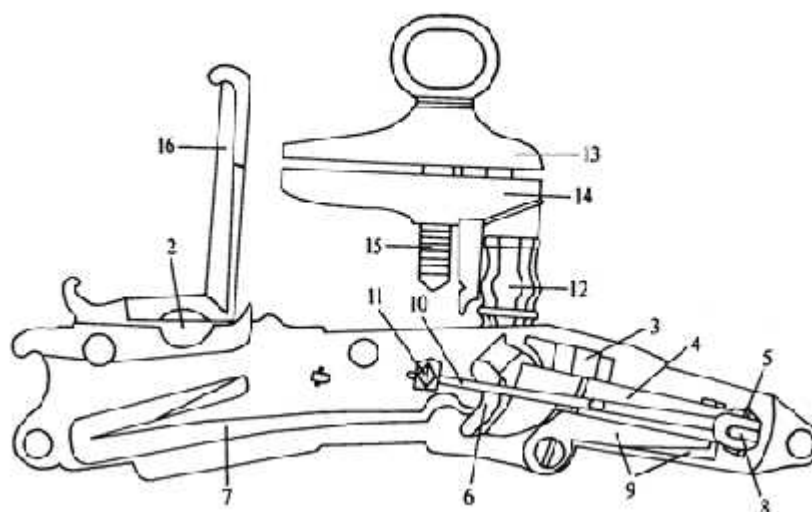
Provavelmente, este fecho foi desenvolvido pela primeira vez no Arsenal de Lisboa por um artesão alemão, demonstrando que, nessa época, Portugal ocupava uma posição de vanguarda entre as nações que fabricavam espingardas, tanto no ocidente quanto no oriente (Figura II-58 e Figura II-59).

FECHO DE MOLINHAS PORTUGUÊS  
(vista de frente)



**Figura II-58:** 1- Chapa (ou platina), 2- Escorva (ou cassoleta), 6- Árvore (ou nés), 12- Cão, 16- Fuzil, 17- Mola do fuzil, 18- Tapa da cassoleta, 19- Descanso (trava de segurança). Fonte: Fonte: DAEHNHARDT, Rainer. *Espingarda Feiticeira – A introdução da Arma de Fogo pelos Portugueses no Extremo-Oriente*. Portugal: Texto Editora, 1994, pp.446-448).

FECHO DE MOLINHAS PORTUGUÊS  
(vista inferior)



**Figura II-59:** 2- Cassoleta, 3- Ponto de arrima, 4- Macha da caxeta, 5- Charneira, 6- Árvore, 7- Mola real, 8- Fradete, 9- Molinhas de armar, 10- Agulha, 11- Pilar, 12- Cão, 13- Lábio superior da cabeça do cão, 14- Lábio inferior da cabeça do cão, 15- Parafuso do cão, 16- Fuzil. Fonte: Fonte: DAEHNHARDT, Rainer. *Espingarda Feiticeira – A introdução da Arma de Fogo pelos Portugueses no Extremo-Oriente*. Portugal: Texto Editora, 1994, pp.446-448).



Os fechos de pederneira eram uma solução tecnológica superior ao fecho de mecha. No entanto, o fecho de pederneira não provocou o abandono da solução tecnológica anterior<sup>289,290</sup>. No Japão e na Índia, apesar de não ignorarem o fecho de pederneira, as espingardas com fecho de mecha continuaram a ser fabricadas até o século XIX.

No ano de 1568, segundo os inventários dos arsenais portugueses, ainda existentes na Torre do Tombo, existiam em Lisboa 20.336 espingardas<sup>291</sup>, o que seria praticamente o dobro do que existia no Arsenal de Goa. Nessa época, Portugal já possuía um dos maiores arsenais do mundo<sup>292</sup>, o que certamente muito contribuiu para o arsenal da Espanha a partir de 1580, quando Felipe II passou a reinar também em Portugal.

Uma lei portuguesa obrigava que todos os homens livres possuíssem uma espingarda de mecha devidamente preparada para o uso, os quais deveriam mostrá-la anualmente às autoridades sob pena de pesada multa<sup>293</sup>. Um fato interessantíssimo que nos mostra que não eram apenas os membros da nobreza, ou poucos privilegiados, que poderiam conduzir armas de fogo, como ocorreu com as armas brancas na Idade Média. A difusão de armas obrigou que vilas e cidades tivessem seus próprios armeiros e espingardeiros, mesmo nas colônias. Em 1687, partiu para o Brasil Gaspar de Araújo da Cunha para cuidar de todas as armas de guerra que estavam nos armazéns reais da Bahia, mantendo-as limpas e capazes para as ocasiões que se fizessem necessárias<sup>294</sup>. Em 1710, o armeiro Manoel Ferraz Lima o sucedeu<sup>295</sup>. Em Vila Nova de Goyazes, onde o ouro tinha sido descoberto em 1726, Felix de Araujo

---

<sup>289</sup>Na evolução dos fechos das espingardas encontramos outro exemplo de que uma evolução tecnológica não implica o imediato abandono da tecnologia precedente.

<sup>290</sup>O canhão é o contra-exemplo da idéia usual de que a tecnologia avança por melhoramentos qualitativos nas possibilidades técnicas e nas características de amostras individuais do item tecnológico em questão. O canhão de bronze do século XVI e XVII, apesar de tecnologicamente superior, foi substituído no processo de fabricação pelo canhão de ferro, mais barato (GUILMARTIN, 1981, p.33).

<sup>291</sup>DACHNHARDT, 1994, pp. 40-41.

<sup>292</sup>Nessa época, a derrota das tropas portuguesas na luta contra os mulçumanos no norte da África certamente não foi por falta de armas nos arsenais. A arma não tem valor absoluto, isto é, ela não vale por si mesma. De nada valerão as armas sem homens bem preparados para servi-las. Este é um erro comum cometido por alguns historiadores que descrevem o conteúdo de um arsenal como um indicador da capacidade militar de uma nação.

<sup>293</sup>DACHNHARDT, 1994, p.42.

<sup>294</sup>Torre do Tombo. Chancelaria de D. Pedro II, liv. 64, fl. 232 v.

<sup>295</sup>Torre do Tombo. Chancelaria de D. João V. Ofícios e Mercês, liv. 36, fl. 62.

Braga<sup>296</sup> e Manuel José de Braga<sup>297</sup> exerceram o ofício de espingardeiros a partir de 1744.

### II.3.11 Conclusão

A capacidade humana de imaginar e criar o novo tornou o homem moderno em diferentes épocas. Entre as diversas possibilidades de modernidade, a criação de armas modernas deu ao homem uma poderosa ferramenta política que permite que determinado grupo social imponha seus interesses aos demais.

Portugal, durante a Idade Média, era um reino com uma pequena população que habitava um território com poucos recursos naturais. A busca de riquezas navegando por mares nunca antes navegados, que pôs os portugueses em contato com novos povos, fez surgir uma infinidade de conflitos de interesses que exigiam do navegante uma grande capacidade de negociar até o limite do inegociável. As armas modernas que transportavam em suas naus davam solução aos conflitos e passaram a ser fundamentais aos portugueses em suas pequenas naves, as quais foram pouco a pouco se transformando em grandes naus, verdadeiras fortalezas flutuantes.

As riquezas obtidas com o comércio e o corso permitiram que Portugal comprasse armas modernas e contratasse os melhores artesãos para que as fabricassem nos seus arsenais. O oferecimento de privilégios a tão cobiçados artesãos foi um recurso utilizado por vários reis de Portugal para mantê-los a serviço do Reino. Do norte da Espanha vinham excelentes ferreiros, serralheiros e espingardeiros. Os fundidores de artilharia geralmente eram flamengos, italianos ou alemães. A Índia, que já produzia armas e pólvora em seus arsenais quando lá chegaram os portugueses, também forneceu a Portugal bons artesãos que trabalharam lado a lado com os artesãos de Portugal na fundição de canhões e nas fábricas de espingardas. Com a

---

<sup>296</sup>Torre do Tombo. Chancelaria de D. João V. Ofícios e Mercês, liv. 118, fl. 271.

<sup>297</sup>O armeiro Felix de Araújo Braga substitui seu pai, Manuel José de Braga, quando este faleceu.

cooperação dos artesãos goeses, Portugal passou a fabricar milhares de espingardas que utilizavam um novo modelo de fecho, o Indo-Português. Em meados do século XVI, Portugal ocupava uma posição de vanguarda em relação a todas as nações que fabricavam espingardas, tanto no ocidente quanto no oriente.

Em 1515, o rei D. Manuel I criou em Lisboa os Bombardeiros da Nomina, que eram os condestáveis de bombardeiros portugueses que pouco a pouco começaram a substituir os condestáveis estrangeiros, inclusive na direção das fábricas de pólvora. No final do século XVI, Portugal possuía um dos maiores arsenais do mundo, e Lisboa era um dos principais portos comerciais da Europa para onde fluíam as riquezas oriundas dos quatro continentes. No entanto, nessa época, Portugal já demonstrava ter se tornado uma nação cujas táticas de guerra estavam obsoletas, como ficou demonstrado na batalha de Alcácer Quibir, em 1578.

Em 1580, com a morte de D. Sebastião e o início do Período Filipino, que se estenderia por sessenta anos, a nação portuguesa teve o seu esforço de modernização interrompido. A produção de armas e pólvora passou a ser um monopólio da Espanha, e as fábricas de pólvora em Portugal foram fechadas ou conduzidas ao abandono. Em 1640, quando D. João IV (r.1640-1656) iniciou a guerra da Restauração, era de fato necessário um grande esforço para restabelecer a busca da modernidade, que há muito tinha sido deixada para trás. O novo rei criou pela primeira vez em Portugal um exército permanente e procurou dar-lhe condições de defender as novas fronteiras portuguesas. Na época, a Espanha era uma nação exaurida pelas diversas guerras em que se envolveu na Europa, o que facilitou os sonhos de liberdade de Portugal, mas não os de modernidade. Portugal também tinha se tornado uma nação com poucos recursos financeiros, e vários de seus antigos domínios e riquezas estavam sendo pouco a pouco conquistados pelos franceses, holandeses e ingleses. Uma nova fonte de riqueza capaz de animar os esforços de modernização portugueses apenas surgiu no final do século XVII com a descoberta do ouro no Brasil, o que transferiu para o século XVIII a possibilidade de modernização de Portugal.

# CAPÍTULO III

## A INVASÃO FRANCESA AO RIO DE JANEIRO EM 1711 SOB A ANÁLISE DA CARTOGRAFIA HISTÓRICA

### III.1- Introdução

O ouro que convergia para o porto do Rio de Janeiro no início do século XVIII através da estrada nova que ligava Vila Rica ao Rio de Janeiro tornou este um dos principais portos das colônias portuguesas. O ouro que atraía a cobiça dos reis da Europa, como Luís XIV, tornava previsível a tentativa de invasão à cidade, o que aumentava a expectativa sobre a competência do sistema de defesa do porto. Em 12 de outubro de 1711, uma esquadra comandada pelo corsário René Duguay-Trouin (1673-1736) e apoiada pelo rei da França invadiu o Rio de Janeiro e ocupou a cidade por dois meses. A pouca oposição que o sistema de defesa da baía da Guanabara ofereceu ao invasor ainda é uma parte obscura da história do Brasil. Um novo ponto de vista, no entanto, pode ser estabelecido pela história militar luso-brasileira, pela história da ciência e das técnicas e, principalmente, pela cartografia histórica. Uma nova leitura da invasão francesa ao Rio de Janeiro nos permite entender a mudança de atitude de Portugal em relação à colônia, que passou a ser incluída no esforço de modernização da metrópole.

### III.2- A invasão

A terceira invasão francesa ao Rio de Janeiro iniciou-se na noite de 11 de setembro de 1711. Nesta noite, surgiu o vento forte que a esquadra

invasora por vários dias aguardava. O vento, capaz de impulsionar as naus e lhes dar uma boa velocidade, seria fundamental para permitir uma rápida aproximação da entrada da baía de Guanabara. Uma esquadra animada de grande velocidade estaria por pouco tempo exposta às descargas das bocas de fogo das fortalezas da barra.

A aproximação ocorreu como foi planejada. Em de 12 de setembro, a esquadra, sob o comando de *René Duguay-Trouin*, invadiu a baía de Guanabara. Uma invasão bem sucedida. A cidade pouco resistiu ao poder bélico do invasor, que assumiu por dois meses o controle do Rio de Janeiro, mantendo a cidade sequestrada até o dia 13 de novembro. A população da cidade somente viu partir os franceses após o pagamento do devido resgate, cujo valor<sup>298,299,300,301</sup> o invasor negociou com o capitão-governador da cidade, Francisco Castro Morais, e seu estado-maior.

O povo da cidade, cujo moral tinha ficado elevado após a vitória conseguida sobre os corsários franceses em 1710, foi nesta outra invasão submetido à humilhação da derrota. A facilidade com que a cidade foi invadida gerou na população a necessidade de eleger um culpado. O eleito foi o governador, acusado de covarde. Com a eleição do culpado, um velho hábito, o povo encerrava o problema. Desta forma, o rei não precisaria fazer uma análise pública da situação e o consequente comprometimento com a busca de soluções. O fato ganhou uma versão oficial, na qual a fácil invasão passou a ser justificada, não pela incompetência do sistema de defesa da cidade, mas sim como uma fatalidade, criada por uma forte neblina matinal, que facilitou ao invasor se aproximar da barra sem ser visto. Tal versão oficial ainda hoje pode ser encontrada nos trabalhos de diversos historiadores<sup>302</sup>.

---

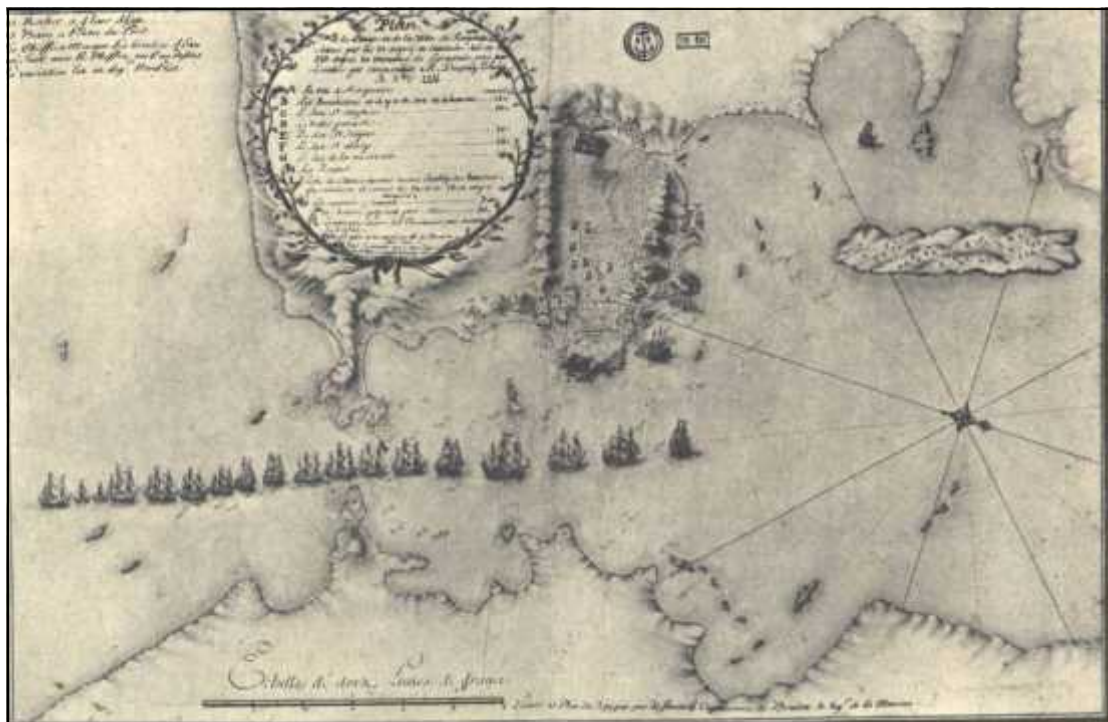
<sup>298</sup>PUNTONI, 2004, p.310.

<sup>299</sup>CAVALCANTI, 2004, p.45.

<sup>300</sup>DUGUAY-TROUIN, 2002.

<sup>301</sup>PUNTONI (2004, p.310, informa o resgate pago: 610.000 cruzados, 100 caixas de açúcar e 200 bois. Porém CAVALCANTI (2004, p. 45) informa que os invasores levaram consigo 240 contos de réis, 100 caixas de açúcar e 200 bois, além dos bens e produtos sequestrados, em parte revendidos aos próprios moradores da localidade. DUGUAY-TROUIN (2002) informou no seu Diário de Bordo que o ouro pertencente ao Rei de Portugal não foi encontrado porque a população o escondeu na mata, longe da cidade.

<sup>302</sup>PUNTONI, 2004, p.310.



**Figura III-60:**<sup>303</sup> *PLAN DE LA BAYE DE LA VILLE DE RIOGÈNAIRE*, feito pelo Capitão Engenheiro da Marinha, *Brulot*. (FONTE: FERREZ, Gilberto. *O Rio de Janeiro e a defesa do seu porto 1555-1800*. Serviço de Documentação Geral da Marinha, Rio de Janeiro, 1972).

A versão oficial da história da invasão, contada pelos invasores, certamente difere da história contada pelo invadido. Um dos capitães da esquadra francesa, o engenheiro Brulot, autor da pintura mostrada na Figura III-60, evidencia na sua representação, como podemos notar, a superioridade do poder bélico da esquadra invasora, a qual é representada bem maior que o seu verdadeiro tamanho: os 18 navios<sup>304,305</sup> perfilados se assemelham a um gigante adentrando a barra. Na pintura notamos a ausência de reação do

<sup>303</sup> Esta imagem é apresentada por FERREZ (1972) em preto e branco. O original pertence à Bibliothèque Nationale de Paris, uma aquarela (485 x 687mm). Para Ferrez, os navios portugueses, que estavam na cidade para fortalecer a sua defesa, nesta pintura estão corretamente localizados no ancoradouro, próximo à cidade, e não em linha de combate, entre Santa Cruz e a ilha de Boa Viagem, como representado em outros documentos coevos. Em outras imagens, como a que é apresentada na tradução do *Diário de Bordo*, de René Duguay-Trouin, feita por NOUGUE (2002), a vitória é valorizada, apresentando uma cidade que reage com toda a sua capacidade de defesa à poderosa esquadra invasora (Figura III-61).

<sup>304</sup> MARCADÉ, 1991, p.43.

<sup>305</sup> A esquadra, segundo Jacques Marcadé et al, era composta por 16 navios: 7 navios de linha, 5 fragatas, 1 galeota, 2 navios lançadores de bomba, 1 fragata que se juntou ao grupo ao largo de Cabo Verde (MARCADÉ, 1991, p. 43). No *Diário de Bordo* de René Duguay-Trouin (2002, p. 190), são relacionados 17 navios: *Lis; Brillant; Magnanime; Achille; Glorieux; Amazonne; Bellonne; Astrée; Argonaute; Mars; Concorde; Chancelier, Glorieuse; Françoise; Patient; Fidèle; Aigle*. A quantidade de navios que formavam a esquadra invasora varia nos relatos dos diversos autores, assim como nas diferentes pinturas que retratam a invasão.

sistema de defesa da cidade, como também relata Maria Fernanda Bicalho<sup>306</sup>. No *Diário de Bordo*, René Duguay-Trouin<sup>307</sup> não informa que as fortalezas da barra, a principal defesa da cidade, tenham causado algum dano aos navios da sua esquadra, assim como nada é dito sobre navios defendendo a entrada da baía de Guanabara.

A invasão francesa de 1711 não foi uma surpresa, pois foi anunciada com antecedência. A Inglaterra<sup>308</sup> tinha enviado a Portugal o almirante inglês Leake para informar ao rei que uma esquadra invasora francesa rumava para o Brasil. Ao receber a notícia, D. João V, não possuindo nenhum navio pronto para partir, encarregou o próprio almirante inglês de levar a notícia ao Rio de Janeiro. O aviso chegou ao porto do Rio em 25 de agosto, já encontrando a cidade com a sua defesa reforçada por quatro navios de guerra portugueses<sup>309</sup>, de onde se conclui que o ataque era esperado. A força naval portuguesa estava sob o comando de Gaspar da Costa Ataíde (o *Mequinêz* ou *Maquinez*), considerado na época o melhor almirante português<sup>310</sup>. Os portugueses não ignoravam que a derrota que os franceses tinham sofrido em 1710, quando o jovem inexperiente corsário Duclerc tentou invadir a cidade por terra, sendo vencido, feito prisioneiro e morto, certamente produziria um novo ataque francês à cidade.

---

<sup>306</sup>BICALHO, 2003, p.185.

<sup>307</sup>DUGUAY-TROUIN, 2002.

<sup>308</sup>Na época da invasão, ocorria na Europa a Guerra da Sucessão, na qual Portugal era aliado da Inglaterra, que lutava contra a França e a Espanha.

<sup>309</sup>PUNTONI, 2004, p.310.

<sup>310</sup>MARCADEÉ, 1991, p.43.



**Figura III-61: PLAN DE LA BAYE ET DE LA VILLE DE RIO-JANEIRO.** Esta gravura, intitulada *Plan de La Baye et de La Ville de Rio-Janeiro* consta da tradução que Nougé fez do Diário de Bordo de René Duguay-Trouin (2002, p.134-135), porém não está informado na tradução se a gravura também consta na obra original. A. Coquart é quem desenhou e gravou a imagem na qual, como podemos notar, a obra do invasor é valorizada: a esquadra invasora de tamanho ampliado é mostrada com um poder muito superior à defesa da cidade, que reage inutilmente, usando todos os seus canhões, tentando impedir a entrada do invasor.

O novo invasor, que chegou em 1711, trouxe consigo poderosas naus de guerra com grande poder de fogo<sup>311</sup>. As quatro *naus* e três *fragatas* portuguesas, representadas na Figura III-61, mesmo se estivessem localizadas onde mostra a figura, ao lado da Fortaleza de Santa Cruz, que tinha apenas cerca de 30 homens, acrescidos aos 5 que serviam à Fortaleza de São João, certamente formavam um conjunto que não seria capaz de barrar a entrada do poderoso inimigo.

Um aviso da aproximação da esquadra invasora também chegou à cidade em 2 de setembro, trazido pelo sargento-mor de Cabo Frio. O sargento-mor<sup>312</sup> informou que uma poderosa esquadra francesa fora avistada por

<sup>311</sup>A esquadra de René Duguay-Trouin possuía 742 peças de artilharia e alguns morteiros. O conjunto de todas as fortalezas do Rio de Janeiro possuía pouco mais de duas centenas de peças. As duas fortalezas da barra não possuíam mais que 50 peças cada uma, considerando a hipótese mais otimista (FERREZ, 1972).

<sup>312</sup>O Sargento-mor equivale atualmente ao posto de Major.



pescadores na altura da ilha de Santa Ana, o que tornava iminente o ataque. Contudo, uma semana depois do aviso, o invasor não apareceu. O próprio sargento-mor, que trouxe de Cabo Frio a informação dos pescadores, colocou em dúvida a possibilidade do ataque<sup>313</sup>. O governador passou a considerar que a invasão era um alarme falso<sup>314</sup>, ordenando que os navios que protegiam a entrada da barra retornassem para o porto, no interior da baía, assim como os soldados que reforçavam as fortalezas foram retirados<sup>315</sup>. Logo, quando os franceses chegaram não foram repelidos pelas fortalezas da barra. A ordem do governador facilitou a entrada do invasor na baía de Guanabara. Todavia, não podemos ignorar que o governador era um homem experiente e conhecedor da real capacidade de defesa das fortalezas da barra, pois foi ele o substituto do mestre Gregório Gomes, em 1701, lente da Aula de Fortificação do Rio de Janeiro. O almirante inglês Leake e o sargento-mor de Cabo Frio informaram ao governador sobre a capacidade bélica da esquadra que se aproximava. Talvez a ordem de recuar as defesas possa ter sido parte de uma estratégia mal sucedida.

Na representação da entrada dos franceses na baía de Guanabara, intitulada *Plan de La Baye, Ville, Forteresses, et attaques de Rio Janeiro*, de autoria de *Louis Chancel de La Grange*, capitão de fragata da nau *L'Aigle*, um dos navios que constituíram a expedição de curso de *Duguay-Trouin*, mostrada na Figura III-62<sup>316</sup>, não se vê nenhum navio na entrada da baía oferecendo resistência à entrada da *gigantesca* esquadra invasora, agora representada com 18 navios.

---

<sup>313</sup>CAVALCANTI, 2004, p. 45.

<sup>314</sup>PUNTONI, 2004, p. 310.

<sup>315</sup>MARCADE, 1991, p. 44,

<sup>316</sup>Esta imagem pertence ao acervo da Bibliothèque Nationale de Paris (BICALHO, 2003).



**Figura III-62:** *Plan de La Baye, Ville, Fortresses, etattaques de Rio Janeiro*, de autoria de Louis Chancel de La Grange, capitão de fragata da nau L'Aigle. FONTE: BICALHO, Maria Fernanda. *A Cidade e o império – Rio de Janeiro no século XVIII*. Civilização Brasileira, Rio de Janeiro, 2003.

A invasão foi apoiada pela esquadra de Luís XIV. Tal apoio real certamente significava que a invasão não seria apenas um corso. Oficialmente ela se justificaria como uma busca aos assassinos de Duclerc, mas, na verdade, era fruto de um longo planejamento. Como veremos a seguir, o rei da França já estava, havia algum tempo, financiando viagens com o objetivo de

mapear e melhor conhecer o litoral brasileiro. O assassinato de Duclerc pode ter oferecido a justificativa da invasão, um antigo plano, sustentado pela cobiça que as colônias portuguesas despertavam na aristocracia e na rica burguesia francesa.

### III.3- Hidrógrafos Franceses ao longo da costa brasileira

No momento da invasão da esquadra francesa à baía de Guanabara, não era o seu comandante *Duguay-Trouin* que ocupava a primeira posição na fila em que tinha se transformado a esquadra invasora. A primeira nave era a *Magnanime*, comandada pelo Sr. Cavaleiro de *Coursezac*, considerado quem melhor conhecia a navegação naquela baía<sup>317</sup>. Tal fato evidencia que antes da invasão houve uma busca de informações a respeito do sistema de defesa do porto do Rio de Janeiro.

Em 1695, Luís XIV incumbiu *Jean Baptiste De Gennes*, então capitão de mar e guerra<sup>318</sup> (*capitaine de vaisseau*) da Marinha Real Francesa, de montar uma esquadra com navios à sua escolha e partir para os mares do sul, onde Portugal e Espanha possuíam suas colônias. Nessa viagem, De Gennes deveria procurar fazer uma carta exata de todas as costas e de todos os lugares por onde passasse, procurando obter informações sobre as fabulosas riquezas que outros navegantes informavam existir nessa região<sup>319</sup>.

Uma esquadra francesa, composta de seis navios, comandada por De Gennes, partiu de La Rochelle em 3 de junho de 1695. Em dezembro do mesmo ano a esquadra já estava ancorada na entrada da barra do Rio de Janeiro. A tripulação permaneceu embarcada esperando permissão para entrar na baía, onde alguns homens doentes, atacados de escorbuto, seriam

---

<sup>317</sup>DUGUAY-TROIN, 2002.

<sup>318</sup>Ao Capitão de Mar e Guerra, *Capitaine de vaisseau* (França) ou *Post Captain* (Inglaterra), competia o comando de navios de primeira classe. Abaixo do Capitão de Mar e Guerra existia o Capitão de Fragata, ao qual também competia o comando de navios de primeira classe (Dicionário Marítimo Brasileiro, 1877).

<sup>319</sup>GUEDES, 1981.

desembarcados<sup>320</sup>. Mas, como afirma Cavalcanti<sup>321</sup>, “a população do Rio ficava ansiosa com cada embarcação que apontava na entrada da baía, e a primeira reação era a ansiedade e dúvida: Quem vinha lá? Amigo ou inimigo?” Da esquadra, somente foi permitida a entrada de três navios na baía, ficando os outros três ancorados fora dela, na entrada da barra. No interior da baía os franceses tiveram permissão de desembarcar os seus doentes na Praia Grande, no lado oposto ao porto da cidade.

No dia 27 de dezembro de 1695, *De Gennes* deixou o Rio de Janeiro, levando consigo uma farta documentação sobre a cidade, seu porto e sua defesa. Provavelmente também levou a notícia da descoberta do ouro de aluvião em Minas Gerais, o que certamente aumentaria a *cobiça* da França sobre a colônia portuguesa.

Um dos integrantes da esquadra comandada por *De Gennes*, o jovem engenheiro naval *François Froger*, ao retornar à França, editou o livro *Relation d'unvoyage. Fait en 1695, 1696 & 1697, aux Côtes d'Afrique, Détroit de Magellan, Brésil, Cayenne & Isles Antilles, par une escadre des Vaisseaux du Roy, commandée par M. De Gennes* (Relatório de uma viagem feita em 1695, 1696 e 1697, às costas da África, Estreito de Magalhães, Brasil, Caiena e Ilhas Antilhas, por uma esquadra de vasos de guerra do Rei, comandada por M. De Gennes). O livro foi reeditado em inglês, em 1698; em francês, em 1699, 1700 e 1702; e em holandês, em 1699 e 1715. Pelo número de edições em diversas nações, podemos concluir que as informações de Froger certamente serviram para orientar diferentes corsários, inclusive os franceses quando em 1710 e 1711 invadiram o Rio de Janeiro. Nesse livro encontra-se, segundo Teixeira Filho<sup>322</sup>, a informação de que em 1695 a cidade possuía apenas três fortificações: o Forte de São João e a Fortaleza de Santa Cruz, na entrada da barra, e o Forte de São Tiago, na base do Morro do Castelo. A parte interna da cidade não tinha defesa alguma, o que facilitaria uma invasão por terra da cidade, como foi comprovado por *Duclerc* na invasão de 1710.

---

<sup>320</sup> TEIXEIRA FILHO, 1975, p.126.

<sup>321</sup> CAVALCANTI, 2004, p. 42.

<sup>322</sup> TEIXEIRA FILHO, 1975, p. 128.

### III.4- A cobiça

A cobiça francesa sobre as colônias ibéricas localizadas nos mares do sul fez com que se criasse na França, em setembro 1698, a Companhia do Mar do Sul. Em dezembro do mesmo ano já partia de *La Rochelle* uma esquadra rumo ao sul. Nessa viagem, os franceses fizeram o levantamento hidrográfico da Ilha Grande e suas proximidades, assim como desenharam preciosas vistas da costa do Rio de Janeiro, de Cabo Frio até a entrada da baía de Guanabara. A esquadra, enquanto permaneceu no interior da baía, procurou fazer, a exemplo do trabalho de *De Gennes*, um levantamento detalhado das fortalezas e redutos existentes, caracterizando o poder defensivo e suas deficiências.

As sucessivas visitas de navios franceses ao Rio de Janeiro colhiam informações para preparar uma invasão à cidade. O engenheiro militar *Duplessis*, tripulante da esquadra francesa que estava no Rio em 22 de abril de 1699, observou os ventos reinantes:

[...] das duas da tarde até as sete e oito horas da noite são de sudoeste e vêm do largo, de tal maneira que, com a maré, vos entráis de modo a não sofrer mais de duas descargas de artilharia e uma vez dentro [da barra] nenhuma resistência é possível à cidade, pois não é cercada de muralhas. GUEDES (1981, 92, apud *Duplessis*).

O caminho do ouro, das Minas até o litoral, certamente foi observado pelos franceses<sup>323</sup>. Em 1699, Garcia Rodrigues Pais já abria o caminho que unia o Rio de Janeiro, através da cidade litorânea de Paraty, à região das Minas.

Em 1693 o ouro tinha sido descoberto pela expedição de Borba Gato, mas em 1698 e 1699 houve a descoberta de uma grande quantidade do metal. O anúncio da grande descoberta fez com que 150.000 pessoas seguissem para a região das Minas em busca do metal precioso em apenas 20 anos. A turbulência na população, conhecida como a *febre do ouro*, não passou despercebida aos franceses. O Porto do Rio, local para onde convergia o ouro antes de ser embarcado para a Europa, certamente seria escolhido para a invasão dos corsários franceses.

---

<sup>323</sup>KNAUSS, 2006, p.128.

Em 1710, um novo caminho para o ouro foi aberto: o ouro não seguia mais até Paraty, mas sim até Magé, no fundo da baía de Guanabara, de onde era transportado de barco até o Porto do Rio. O caminho novo se unia ao caminho velho em Vila Rica. A convergência de riquezas para o Porto do Rio no início do século XVIII acabaria por colocar o sistema de defesa da cidade em teste. A França de Luís XIV não tardou em mandar os seus corsários.

### III.5- O canal de entrada

Em diversos mapas, como os apresentados anteriormente, já estava assinalado um *canal de entrada* na baía de Guanabara. O canal era geralmente evidenciado por números marcados sobre o mapa, os quais representavam diversas medidas de profundidades<sup>324</sup>. Os navios de maior calado<sup>325</sup> deveriam entrar e sair da baía através desse canal. Uma esquadra formada de navios de grande porte, como a esquadra francesa que invadiu a cidade em 1711, certamente necessitou entrar na baía passando entre a Laje e a Fortaleza de Santa Cruz. Como, na época, nenhuma fortificação existia sobre a Laje, a Fortaleza de Santa Cruz era fundamental para o sistema de defesa da barra. A Laje somente foi fortificada após a invasão de 1711, apesar de existirem antigos projetos.

Um invasor, com naus e fragatas com calados superiores a 5 metros, seria obrigado a considerar a necessidade de se aproximar da Fortaleza de Santa Cruz. Portanto, ninguém deveria tentar forçar a barra da entrada da baía sem antes procurar saber sobre o poder ofensivo dessa fortaleza. A invasão não poderia ser apenas uma aventura motivada pela cobiça, como foi a tentativa de *Duclerc* em 1710.

---

<sup>324</sup>A unidade de medida da profundidade deve ser a *braça*, medida de comprimento empregada na marinha, principalmente para marcar as sondas nas cartas hidrográficas (Dicionário Marítimo Brasileiro, 1877): a braça portuguesa = 10 palmos (220 cm); a braça francesa = 5 pés (165 cm); a braça inglesa = 183 cm.

<sup>325</sup>Calado D'água – *Tirant d'eau – Draughtofwater* – Altura vertical compreendida entre a parte inferior do *sobre sano* ou da quilha e a linha d'água. O *sobre sano* são grossas pranchas de madeira que forram a face inferior da quilha para evitar que ela se danifique por ocasião de encalhamento (Dicionário Marítimo Brasileiro, 1877).

### III.6- O tiro eficiente

Os canhões, até meados do século XIX, não eram capazes de acertar um alvo a longa distância com precisão. Não havia um controle efetivo sobre a velocidade final que o projétil teria na boca do canhão, porque não se tinha controle sobre a balística interna da arma. As cargas da peça não se davam sob condições idênticas, assim como era impossível controlar a interação do projétil com as paredes da alma lisa da peça. A experiência ensinava que, nos canhões, os tiros de longo alcance deveriam ser evitados.

O fascínio pelo alcance máximo nos tiros de um canhão é uma preocupação moderna após meados do século XIX, quando surge a artilharia raiada<sup>326</sup>. A experiência dos artilheiros demonstrava a ineficiência da antiga artilharia de alma lisa. O engenheiro militar português Manoel de Azevedo Fortes,<sup>327</sup> ao descrever uma batalha em Albuquerque, na última guerra de que tinha participado contra os espanhóis, relatou:

O general Conde de Galveas, querendo ganhar o arrabalde, mandou marchar três Regimentos para esta função, os quais receberam uma poderosa descarga dos inimigos. Aos que estavam de fora pareceu que a metade dos soldados daqueles Regimentos ficou ali mortos, ou feridos. Porém, depois se soube que os mortos só foram quatorze e houve poucos feridos.

Para Fortes, tal fato demonstrava que com as armas de fogo se atira longe e sem pontaria certa. Assim sendo, a maior parte dos projéteis não faz efeito algum. Além da baixa eficiência dos tiros de longo alcance, todo artilheiro também deveria conhecer até que distância o projétil era capaz de bater no alvo e com força suficiente para lhe causar dano. Caso contrário, os tiros se transformariam em desperdício de pólvora e munição. Em meados do século XVIII, na opinião de outro engenheiro militar português, José Fernandes Pinto Alpoim, os artilheiros conheciam bem essa verdade, assim como sabiam que os cálculos de alcance não eram confirmados pela experiência. Os novos Artilheiros deveriam seguir mais o que dizem aqueles que têm a experiência no uso de determinada peça, “pois vale mais um pouco de uso, e experiência de

---

<sup>326</sup>GUILMARTIN, 1981, p. 5.

<sup>327</sup>FORTES, 1993b, pp. 449-452.

Artilheiro, que sabe, do que todas quantas esquadras há”<sup>328</sup>. No uso dos canhões, aconselha Alpoim<sup>329</sup> aos seus discípulos, a boa distância para que o projétil possa ferir o alvo seria de 135 a 144 braças (297 a 317 metros)<sup>330</sup>.

Como podemos notar, as peças de artilharia utilizadas nas fortalezas portuguesas, no início do século XVIII, tinham um raio de ação eficiente que não superava em muito a distância de 150 braças. A partir desse resultado, vamos analisar a capacidade que tinham as fortalezas de Santa Cruz e de São João nessa época, quando defendiam a entrada da baía de Guanabara.

### III.7- A defesa da entrada da baía de Guanabara

Para análise da eficiência das fortalezas que defendiam a entrada da barra na baía de Guanabara na época da invasão francesa, vamos avançar um pouco no tempo, até meados do século XVIII. No ano de 1750 foi elaborado, sob a influência da rainha da Espanha, D. Maria Bárbara de Bragança, irmã de D. João V, rei de Portugal, a quem D. José sucedeu no trono naquele mesmo ano de 1750, o Tratado de Madri, que demarcava as fronteiras entre o Brasil e as colônias espanholas. O tratado, que foi negociado pelo grande ministro Alexandre de Gusmão, desagradava aos principais personagens da Corte espanhola e aos jesuítas de ambos os reinos<sup>331,332</sup>. Em 1762, houve uma breve guerra entre Portugal e Espanha que obrigou o marquês de Pombal a fazer uma reforma no despreparado exército português. Para realizar tal reforma,

---

<sup>328</sup>ALPOIM, 1987, p. 159.

<sup>329</sup>ALPOIM, 1987, p.170.

<sup>330</sup>Um estudo detalhado do alcance do tiro eficiente nos canhões no século XVIII pode ser encontrado em: MARTINS, 2006.

<sup>331</sup>MAGALHÃES, 1948.

<sup>332</sup>O rei de Portugal D. José I e o seu ministro Sebastião José de Carvalho e Melo, mais tarde conde de Oeiras e marquês de Pombal, estavam atentos ao fato. O ministro mantinha informado Gomes Freire de Andrade, governador do Rio de Janeiro desde 1735, que em 1748 passou a ter sob sua jurisdição todo o sul do Brasil. Porém, apesar da atitude de má-fé que os espanhóis tinham em relação ao Tratado, o rei ordenava ao governador do Rio que se cumprissem rigorosamente os compromissos assumidos. O Tratado caducou em 1761, quando passaram a se intensificar as disputas territoriais no sul do Brasil. Em 1763, estando Portugal interessado nos territórios ao norte do Rio Prata e, coincidentemente, ocorria o surto de mineração, sobe de importância na colônia a cidade Rio de Janeiro, para onde se resolve transferir a sede do governo (MAGALHÃES, 1948, p. 4).



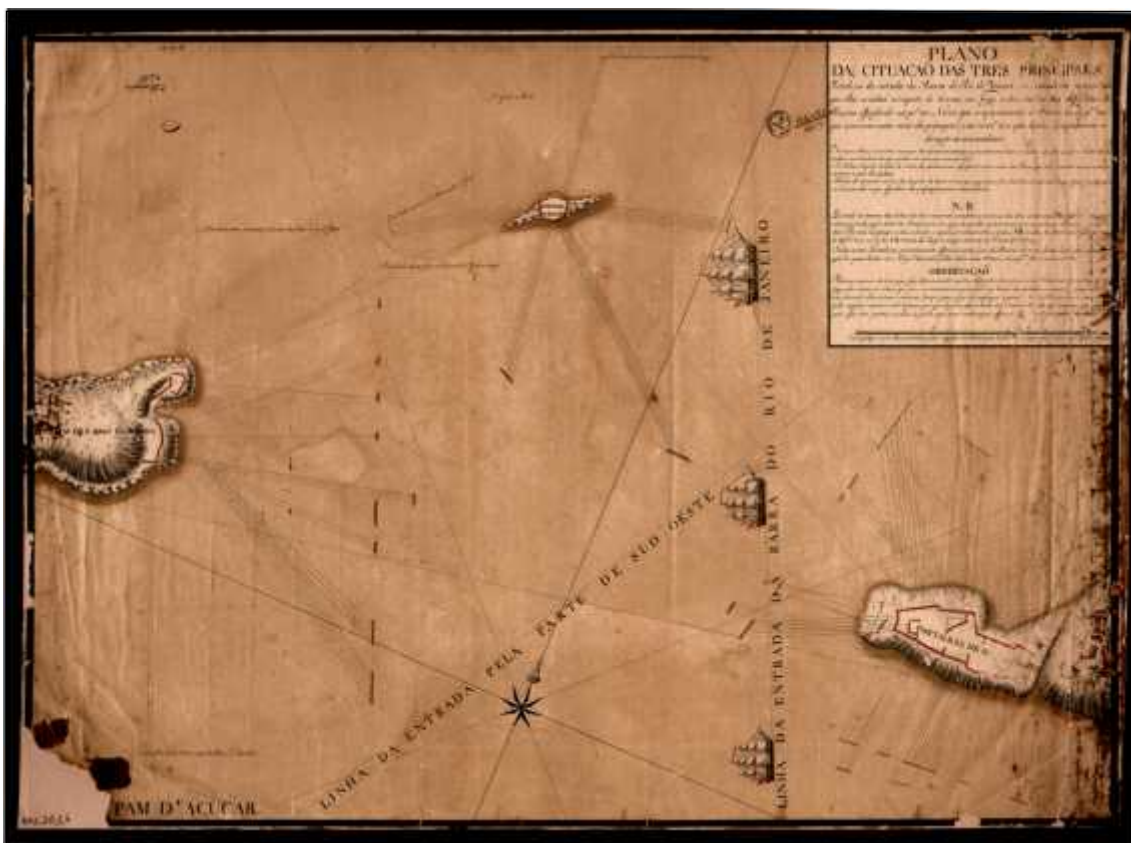
Pombal segue o conselho da Inglaterra e contrata o conde de Lippe para ser o comandante chefe do exército. Ao comando de Lippe, que era formado na escola militar prussiana de Frederico II, uma das melhores na época, outros oficiais estrangeiros se unem no esforço de reforma: o coronel alemão João Henrique Böhm, o sueco Jacques Funck e o capitão napolitano João Rossi. Em 1767, como persistiam os conflitos no sul do Brasil, Portugal resolveu agir com mais vigor, enviando três regimentos para o Rio de Janeiro: o de Moura, o de Extremoz e o de Bragança. Para o comando dessas tropas, seguia para o Brasil o general Böhm, acompanhado de outros oficiais escolhidos pelo reconhecido valor: o coronel José Custódio de Faria, o coronel Funck e o capitão Rossi.

Quando Böhm chegou ao Rio de Janeiro ficou impressionado com o estado precário em que se encontravam as fortificações. Apesar das duas invasões francesas ocorridas havia pouco mais de meio século, quase nada se fizera, segundo ele, para melhorar o sistema de defesa da cidade<sup>333</sup>. Certamente Böhm, ao assumir o comando da Praça, deve ter encarregado alguns de seus engenheiros militares de fazer uma análise da verdadeira capacidade do sistema de defesa da cidade e seu porto, no qual as fortalezas da barra eram fundamentais. Um desses engenheiros pode ter sido o autor anônimo do mapa intitulado de *Plano da Citação das Três Principais Fortalezas da entrada da Barra do Rio de Janeiro*<sup>334</sup>(Figura III-63), uma importante fonte primária de informações sobre o alcance efetivo das peças que já estavam instaladas nas fortalezas da barra, ou que ainda seriam instaladas.

---

<sup>333</sup>MAGALHÃES, 1948, p. 7.

<sup>334</sup>O mapa faz parte do acervo de obras raras da Biblioteca Nacional do Rio de Janeiro.



**Figura III-63:** Plano da Citação das Três Principais Fortalezas da Entrada da Barra do Rio de Janeiro. FONTE: Acervo de Obras Raras da Biblioteca Nacional do Rio de Janeiro.

Os canhões das fortalezas da barra estavam posicionados para agir em três direções diferentes: na primeira se ofendiam os navios que se aproximavam da barra; na segunda, os que estavam no meio da passagem; e na terceira, os que conseguiram forçar a barra e se dirigiam para o ancoradouro. As fortalezas ofereciam 51 tiros de canhão para fora da barra, 39 para a passagem e 41 para dentro. Com as peças que ainda faltavam, seriam acrescentados 18 tiros para fora, 12 para a passagem e 19 para dentro. A quantidade de canhões que serviam as fortalezas da barra tinha duplicado em relação à época em que ocorreram as invasões francesas. Portanto, foi injusta a afirmação de Böhm, mencionada acima, de que quase nada se fez para melhorar o sistema de defesa da cidade.

Como se pode constatar no mapa da Figura III-63, as fortalezas que defendiam a entrada da barra não cruzavam seus tiros, como afirma a historiadora Maryan<sup>335</sup>, o que somente poderia ocorrer se as armas utilizassem

<sup>335</sup>MARYAN, 1997, p.15.

seus alcances máximos no lugar de tiros eficientes. Mas, como foi visto, na artilharia lisa, a única empregada até meados do século XIX, não se utilizava o alcance máximo das peças, o qual corresponderia a tiros imprecisos que apenas causariam desperdício de pólvora e munição.

Os calados das naus e fragatas de guerra utilizadas no início do século XVIII eram superiores a cinco metros, o que obrigaria os navios a entrarem na baía de Guanabara pelo canal de entrada, logo passando, necessariamente, entre a Laje e a Fortaleza de Santa Cruz. O mapa da Figura III-63 mostra que existiam duas rotas de aproximação da barra: uma pelo sudoeste e outra pelo sul, através das quais uma esquadra poderia invadir a barra sem praticamente ser ofendida pelos tiros de canhões das fortalezas da barra, mesmo que se considere a existência da Fortaleza da Laje. Em 1711, certamente os franceses não desconheciam essas informações.

A rota pelo sul, denominada de *Linha de Entrada da Barra do Rio de Janeiro*, era a trajetória de entrada mais simples, pois era direta, sem curvas. Essa deve ter sido a que René *Duguay-Trouin* utilizou na invasão de 1711, como sugerem os documentos coevos, as imagens que retrataram a invasão. Considerando a escala, ou petipé, fornecida pelo mapa, a esquadra invasora que utilizasse a *Linha de Entrada* deveria procurar se afastar no mínimo 90 braças<sup>336</sup> da Fortaleza de Santa Cruz. Em 1711, quando ainda não existia a Fortaleza da Laje, seria possível manter uma trajetória retilínea durante a invasão da baía com afastamento superior ao mínimo sugerido.

Um invasor que forçasse a barra da baía de Guanabara, através da *Linha de Entrada*, em meados do século XVIII, sofreria a ação de apenas 11 canhões da Fortaleza de Santa Cruz, os quais atirariam em três direções diferentes. Primeiro, entrariam em ação os canhões que atiravam para fora da barra. Com o auxílio de apenas cinco canhões, os artilheiros tentariam impedir a aproximação do invasor, três atirariam seus projéteis a 108 braças e dois a 96 braças. A seguir, considerando que o impetuoso invasor continuou seguindo

---

<sup>336</sup>A distância de 90 braças de afastamento pode ser obtida medindo-se diretamente sobre o mapa, considerando os alcances efetivos dos canhões representados na Figura III-63 e o *petipé* [escala] fornecido no mapa.

na *Linha de Entrada*, quando já estivesse na entrada da barra, duas peças de artilharia lançariam seus projéteis a uma distância de 158 braças. Por último, se o invasor conseguisse adentrar a baía, quatro canhões passariam a agir: dois atirariam a 125 braças, um a 96 braças, e outro, o de menor calibre, atiraria a 79 braças. Os diferentes alcances das armas nos mostram que existiam na Fortaleza de Santa Cruz armas de seis calibres diferentes. A análise dos alcances das armas nos mostra que canhões de mesmo calibre estavam lado a lado, o que certamente facilitaria o trabalho dos artilheiros, já que tais armas utilizariam cargas e munições semelhantes. A aproximação das peças semelhantes poderia também significar uma economia no número de artilheiros, considerando que um mesmo artilheiro poderia servir a mais de uma arma. A medida dos alcances efetivos dos diferentes canhões da artilharia das fortalezas, medidos sobre o mapa, mostra que os valores geralmente não ultrapassavam 150 braças, como Alpoim tinha afirmado no seu *Exame de Artilheiros*, em 1744.

O preparo de um tiro<sup>337,338</sup> envolvia um número mínimo de artilheiros e serventes: um chefe da peça, encarregado de apontar e disparar o canhão; um homem com o soquete/lanada; um ou mais carregadores de munição; e um encarregado de controlar a escorva. Ao número mínimo de quatro pessoas por peça deveríamos acrescentar um grande número de serventes encarregados de recolocar a peça em posição após o recuo causado pelo tiro<sup>339</sup>. Considerando que onze peças da artilharia poderiam ser utilizadas na Fortaleza de Santa Cruz contra um invasor, no mínimo deveríamos ter 44 artilheiros à disposição das peças, os quais deveriam ser auxiliados por diversos serventes. Mas, na época da invasão francesa, em 1711, existiam

---

<sup>337</sup>ANDRADA, 1993.

<sup>338</sup>No preparo do tiro, a primeira etapa era dar a *carga* de pólvora adequada à peça e ao tiro. Nesta etapa se utilizaria uma colher, a *cocharra*, capaz de recolher e medir a pólvora. Na segunda fase do preparo, o projétil é colocado sobre a carga que já estava na câmara, que corresponde ao final da cavidade oca da peça. A seguir, na terceira fase do processo de carga, era colocada sobre o projétil uma *bucha* de madeira, terra compactada, serragem ou de pano, que teriam por finalidade conter o escape de gases e manter a carga no lugar, no caso de pontarias feitas abaixo da linha do raso da alma. Na quarta fase, com o auxílio do *soquete*, a bucha é empurrada para baixo, compactando o conjunto formado pela carga, projétil e bucha. Por último, na quinta fase do processo de carga, se colocava o cordel detonante no ouvido da peça, a *escorva*, o qual permitiria que se comunicasse fogo à carga no momento do tiro (ANDRADA, CASTRO, 1993, p. 67).

<sup>339</sup>ANDRADA, CASTRO, 1993, p. 67.

apenas 15 artilheiros destinados à Fortaleza de Santa Cruz. Portanto, não se conseguiria utilizar, concomitantemente, mais que quatro canhões de forma eficiente contra os franceses.

Uma boa atitude de ataque para a esquadra invasora seria atravessar a barra com a maior velocidade possível, o que diminuiria o tempo de exposição da esquadra invasora aos canhões das fortalezas. Em 1711, a invasão foi propositadamente retardada em dez dias, considerando o intervalo de tempo que separou o aviso da aparição da esquadra em Cabo Frio, feito em 2 de setembro, e a sua reaparição em 12 de setembro. O atraso não foi sem razão<sup>340</sup>. O comandante francês relatou no seu Diário de Bordo que a esquadra permaneceu afastada da cidade à espera do melhor vento, o qual daria aos navios a maior velocidade possível, o que somente ocorreu na noite de 11 de setembro.

### **III.8- Conclusão**

O conjunto de fatos e dados que foram discutidos ao longo deste capítulo permite que se afirme que o Sistema de Defesa do Rio de Janeiro não era capaz de impedir que um invasor bem informado atravessasse a sua barra. A sua ação de defesa dependeria mais da capacidade que as fortalezas teriam de dissuadir o invasor que de fato da sua ação efetiva. A ação que as fortalezas tiveram sobre a esquadra de *Duclerc*, em 1710, foi desse tipo. A esquadra invasora recuou quando as baterias da Fortaleza de Santa Cruz foram acionadas, sem que nenhum tiro tenha efetivamente ofendido a qualquer dos navios.

Em 1711, a facilidade com que ocorreu a invasão demonstrou a ineficiência do sistema de defesa do porto. A justificativa de que a fácil invasão ocorreu porque um forte nevoeiro encobriu a esquadra invasora no momento

---

<sup>340</sup>CAVALCANTI, 2004, p. 45.

em que forçava a barra é utilizada por alguns historiadores<sup>341</sup>. No entanto, um forte nevoeiro somente se forma em uma manhã fria e úmida<sup>342</sup>, o que é possível ocorrer no mês de setembro no Rio de Janeiro. Mas, mesmo que tenha ocorrido algum tipo de fenômeno meteorológico capaz de justificar uma baixa visibilidade durante a invasão, como um nevoeiro ou chuva intensa, as evidências acumuladas nesta investigação são suficientes para que se possa concluir que uma invasão seria inevitável, considerando a deficiência do sistema de defesa e o grande poder ofensivo da esquadra invasora.

O governador na época, Francisco de Castro Moraes, foi responsabilizado pela facilidade com que a cidade foi sequestrada pelos franceses. Um velho hábito, a eleição de um culpado, fez do capitão-governador da cidade o eleito, apesar de ser o mesmo que tinha vencido Duclerc, antes da invasão de René Duguay-Trouin. Francisco Castro de Moraes foi condenado e mandado para as masmorras da Fortaleza de Santa Cruz<sup>343</sup>, antes de seguir para a Índia, onde acabaram os seus dias em degredo. O capitão-governador certamente não ignorava o estado precário das fortalezas da cidade<sup>344</sup>, assim como também não o ignorava Courserac, o oficial francês que comandava o primeiro navio da fila de navios da esquadra invasora. O governador, ao recuar suas defesas para o interior da baía de Guanabara, esperando pelo invasor sem lhe oferecer muita resistência, provavelmente substituiu uma defesa suicida, com o sacrifício de milhares de pessoas, e o arrasamento da cidade, por uma derrota que já era prevista mesmo antes do ataque. Mas a História das Nações não gosta desse tipo de solução. A versão oficial dos fatos se encarregou de produzir um covarde que sofreu uma punição exemplar. Nessa versão, um forte nevoeiro passou a justificar o fator surpresa e a facilidade com que o invasor ultrapassou a primeira linha do sistema de defesa. Uma vez o invasor dentro da baía, ali

---

<sup>341</sup>Esta versão é utilizada por alguns autores: TAVARES, 2000, p. 111; CAVALCANTI, 2004, p. 45.

<sup>342</sup>Como já foi citado anteriormente, as informações que Duplessis forneceu, em 1699, sobre os ventos reinantes na baía de Guanabara, nos levam a concluir que a invasão não deve ter ocorrido durante a manhã, quando os ventos na entrada da barra são inadequados a uma rápida invasão.

<sup>343</sup>FAZENDA, 1943, p. 407.

<sup>344</sup>PASSOS, 1965, p. 75.

poderia permanecer longe do alcance dos canhões das fortalezas que defendiam a cidade.

No dia 12 de setembro de 1711, a esquadra comandada pelo corsário *René Duguay-Trouin*, apoiada pelo rei da França, Luís XIV, invadiu o Rio de Janeiro. A pouca oposição que o sistema de defesa do porto da cidade ofereceu ao invasor permanece como uma parte obscura da História do Brasil. No entanto, a História Militar luso-brasileira e a História da Ciência e das Técnicas, considerando as evidências fornecidas pela cartografia histórica, permitem-nos estabelecer um novo ponto de vista, dar novas respostas para velhas perguntas. A Invasão Francesa ao Rio de Janeiro é um fato de grande relevância na história luso-brasileira, porque foi um dos gatilhos que fez disparar um longo esforço para tentar restaurar os sistemas de defesa de Portugal à modernidade ao longo do século XVIII, o que não seria possível sem homens com os saberes necessários para pôr um rei de pé, os quais tornavam as armas modernas mais eficientes.

# CAPÍTULO IV

## OS SABERES NECESSÁRIOS PARA MANTER UM REI DE PÉ

### IV.1 Introdução

No final da Idade Média, o estudo dos corpos em equilíbrio, a *estática*, fundado outrora por Arquimedes<sup>345</sup> (287 - 212 a.C.), já estava bem desenvolvido. O mesmo não se podia falar da *dinâmica*, isto é, a explicação da causa dos movimentos. Os movimentos continuavam divididos em duas categorias: os *naturais*, aqueles que se fazem por si mesmos; e os *violentos*, que só ocorrem em virtude de uma ação exterior<sup>346</sup>. Os *violentos* eram sempre retilíneos<sup>347</sup>. A *dinâmica* era confusa e procurava se manter coerente com a concepção que se tinha do Universo: finito, limitado por uma grande esfera, o *Firmamento*. No centro do Universo estava a Terra. Os homens viviam entre o Céu e a Terra, entre o bem e o mal. O bem supremo estava localizado além do céu, o lugar destinado a Deus, o Primeiro Motor do Universo. O mal supremo, em oposição ao bem supremo, estaria localizado no centro da Terra, o lugar destinado ao inferno, que coincidia com o centro do universo. Um universo formado de lugares naturais, hierarquizado, seria adequado à sociedade feudal, a qual se manteve durante toda a Idade Média. No entanto, com a queda do feudalismo e o fortalecimento da burguesia, a qual se interessava em apoiar um rei absoluto sobre o seu território, surgiram os Estados modernos, cuja existência dependia da criação de exércitos permanentes. Não interessava à nova estrutura de poder a velha organização social com o poder centralizado no papa. Os novos interesses permitiam pensar um novo universo: infinito, regulado por leis que se aplicavam igualmente ao céu e à Terra. Neste novo

---

<sup>345</sup>GUAYDIER, 1983, p.22.

<sup>346</sup>KOYRÉ, 1986, p.298.

<sup>347</sup>KOYRÉ, 1986, p.368.



universo surgiu a Física Moderna, uma nova física, que ocuparia o lugar da Física Aristotélica, a velha física. A *dinâmica* na Física Moderna finalmente explicou os movimentos dos projéteis lançados no ar de uma forma simples e clara considerando as leis da natureza, porém entrou em conflito com as antigas proposições aristotélicas.

## IV.2 Arsenais de guerra

As longas rotas comerciais marítimas, que se estabeleceram nos mares da Terra do final do século XV ao século XVII, criaram uma rede que intercomunicava as mais importantes cidades através dos seus portos. Com as grandes navegações surgiam novos problemas técnicos. Os arsenais de guerra, geralmente construídos próximos dos principais portos, passaram a ser o local onde os grandes interesses econômicos ligados às rotas comerciais passaram a financiar os melhores artesãos, *homens práticos*, e os melhores cosmólogos, matemáticos e filósofos, *homens teóricos*, na busca de soluções para os novos problemas. Esta união fez surgir uma nova classe de homens acostumada a pensar com fins utilitários a complexidade de um saber próprio das academias.

No século XV, Portugal se tornou a principal nação dedicada às rotas comerciais no Atlântico Sul, onde se navegava sob um céu desconhecido e sem uma estrela polar. A necessidade fez surgir novas técnicas de navegação com aplicação de novos instrumentos de observação do céu. Os navegantes, homens práticos, deparavam com novos problemas que homens teóricos, como Pedro Nunes<sup>348</sup> (1502-1578), a eles se juntaram na busca de soluções. Foi um relacionamento que inicialmente se fez com preconceitos. Os navegantes não entendiam como seria possível a alguém que nunca tinha comandado um navio lhes ensinar algo novo e útil. Apenas o tempo e os bons

---

<sup>348</sup>Médico português, matemático e astrônomo, um dos maiores vultos da ciência do seu tempo que muito contribuiu para a resolução de problemas da navegação e da cartografia. Em 1537, Pedro Nunes traduziu para a língua portuguesa o Tratado da Esfera de Johannes de Sacrobosco.

resultados foram capazes de melhorar a convivência entre práticos e teóricos. No final do século XVI e início do XVII, também encontraremos Galileu Galilei (1564-1642), na Itália, no arsenal de Veneza, procurando dar soluções aos problemas de mecânica apresentados pelos artesãos e militares. No entanto, sua ação no arsenal não foi apenas de um teórico dedicado à solução de problemas práticos, como foi a de Pedro Nunes em Lisboa. Galileu buscava mais do que a solução para certos problemas. Em sua ação procurava desenvolver uma nova ciência útil. A antiga filosofia da natureza, enraizada nos exercícios verbais do aristotelismo, tinha excluído deliberadamente a utilidade do saber. Como afirmou Stillman Drake<sup>349</sup>,

Aristóteles nada tinha contra o conhecimento prático, a que chamava *techne*; simplesmente não o considerava da mesma espécie do conhecimento científico, a que chamava *episteme*. [...] Para Aristóteles, contudo, a diferença entre *techne* e *episteme* não era uma diferença entre aplicação e teoria, mas uma diferença de fontes de conhecimento e objetivos de conhecimento. A fonte de conhecimento técnico para a experiência prática, e o seu objetivo, falando de uma maneira geral, era saber o que fazer a seguir<sup>350</sup>. A fonte de conhecimento científico era a razão e o seu objetivo a compreensão das coisas por meio das suas causas.

Em busca de uma nova ciência útil, Galileu procurou juntar o conhecimento adquirido pela experiência prática com a espécie de conhecimento atingido por meio da razão, investigando leis em vez de causas<sup>351</sup>. Ao estudar o movimento dos corpos graves, procurou descobrir as leis que regiam os movimentos sem procurar dar explicações sobre a causa do movimento. Para Galileu, como para os aristotélicos, o peso continuou a ser uma propriedade dos corpos.

---

<sup>349</sup>DRAKE, 1981, p.29.

<sup>350</sup>O saber fazer estabelece protocolos de procedimentos.

<sup>351</sup>Em 1632, Galileu publicou *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*, um livro sobre astronomia que foi censurado pela Inquisição em 1633, e seu autor, condenado a viver até o fim dos seus dias em prisão domiciliar. Em 1638, quando Galileu já estava vivendo em Arcetri em regime de prisão domiciliar, é publicado *Discorsi e Dimostrazioni Matematiche intorno a Due Nuove Scienze*, um livro dedicado ao estudo da Estática e a Cinemática dos corpos graves próximos da superfície da Terra.

O cargo ocupado por Galileu a serviço do grão-duque da Toscana o intitula como mestre em matemática e filósofo da natureza. No entanto, seu contemporâneo Marin Mersenne, assim o descreveu<sup>352</sup>:

[...] apesar de ter conhecimento do título de Galileu através das páginas de rosto dos livros impressos, [Mersenne] descreve-o como matemático e **engenheiro** [o grifo é meu] daquela corte, quando em 1634 publicou o comentário a uma tradução francesa da *Mecânica*, baseado num manuscrito não publicado em italiano.

Não há dúvida de que Galileu escrevia para engenheiros militares. Os historiadores da ciência, habitualmente, trataram-no como um filósofo. Mas, como afirma DRAKE<sup>353</sup>,

Galileu nunca escreveu nada sobre filosofia [...]. Os professores de filosofia do seu tempo foram seus principais e mais reivindicadores adversários. A descrição que Mersenne deu a Galileu, considerando-o um engenheiro, é muito apropriada, apesar de nunca ter tido uma função militar, como era comum aos engenheiros do seu tempo. Mas, na corte tinha a função de controlar enchentes, estabelecer um comentário crítico sobre máquinas apresentadas à mesma, dar consultoria a projetos de estrutura, todas tarefas que implicavam em muita engenharia.

Galileu não foi um teórico puro, como infelizmente alguns autores insistem em apresentá-lo. Ao analisar os *Discorsi*, muito se fala sobre o estudo que ele fez sobre o movimento, uma mecânica racional, própria de um teórico, não deixando transparecer que tal trabalho seria parte de uma ciência útil aos engenheiros militares dedicados à Artilharia. Da mesma forma, como afirma Pierre Thuillier<sup>354</sup>,

Tudo se passa, de uma maneira geral, como se o nome de Galileu estivesse associado essencialmente a uma ciência considerada nobre, como a mecânica racional; como se o público quisesse esquecer a resistência dos materiais, tida como a ciência do engenheiro; muito utilitária e, por isso, pouco prestigiada .... Indiretamente, isto vem a estabelecer uma separação radical entre a ciência e a técnica; Galileu aparece assim como um teórico puro, um homem alheio às preocupações práticas.

---

<sup>352</sup>DRAKE, 1989, p.45

<sup>353</sup>DRAKE, 1989, p.46.

<sup>354</sup>THUILLIER, 1989, pp. 13-15.

A ciência era uma propriedade natural das Universidades. Os primeiros estudos, geralmente na forma de manuscritos com poucas cópias, confinavam o conhecimento às principais Universidades, que se transformavam em centros do saber. No entanto, no início do século XVI, o grande número de cópias impressas pelos tipógrafos fez cair o preço unitário e produziu uma das maiores revoluções, tornando público o saber. Assim a ciência, finalmente, se espalhou para longe dos centros do saber<sup>355,356</sup> e, como ciência útil, pôde surgir fora das Universidades.

O estudo das trajetórias dos projéteis feito por Galileu atendeu a uma antiga necessidade que tinham os artilheiros para melhor determinarem o alcance e o efeito das bombas sobre seus alvos. Outros, antes de Galileu, já haviam se dedicado a este estudo, denominado Balística Externa.

### **IV.3 A velha física**

A velha física é também conhecida como física aristotélica porque sua principal exposição, na Antiguidade, foi dada por Aristóteles (384-322 a.C), discípulo de Platão e mestre de Alexandre, o Grande. Nesta física, a Natureza imaginada é composta pelos elementos terra, água, ar, fogo e éter, que poderiam ser divididos indefinidamente sem que nunca se chegasse à menor parte possível, indivisível, um átomo. Os aristotélicos não admitiam a existência do átomo. A física aristotélica se aplicava a um mundo geocêntrico, finito e hierarquizado, como viria a ser descrito por Ptolomeu. No céu, esferas concêntricas em movimento dariam movimento à Lua, aos planetas e às estrelas. A esfera da Lua dividia em duas partes distintas o Universo. Acima da esfera lunar, os movimentos seriam eternos, sem início nem fim, com trajetórias circulares. Abaixo, no Universo sublunar, os movimentos seriam não eternos e classificados como naturais ou violentos.

---

<sup>355</sup>DRAKE, 1989, pp. 35-36.

<sup>356</sup>FILGUEIRAS, 2001.

A gravidade e a leveza seriam propriedades dos corpos, que os tornavam pesados ou leves. O elemento terra seria naturalmente pesado, enquanto o fogo era naturalmente leve. A terra tenderia a se movimentar na vertical em busca do seu lugar natural, o centro da Terra, o centro do mundo. O fogo, distinto do elemento terra, tenderia a se movimentar na direção vertical, para cima. O elemento água teria sobre a Terra o seu lugar natural, e o ar ou os vapores estariam colocados entre a água e o fogo. Desta forma, a física aristotélica considerava como naturais os movimento para cima e para baixo. Uma pedra naturalmente cairia porque era formada pelo elemento terra. A água poderia absorver o fogo e modificar seu lugar natural. A água em uma panela sobre o fogo poderia subir tão logo a quantidade de fogo introduzida na água pela chama fosse suficiente para justificar a nova tendência do movimento natural. A água acrescida de fogo subia para formar as nuvens e, no alto, quando se desprendesse do fogo, cairia na forma de chuva, retornando ao seu lugar natural sobre a terra. Os movimentos com trajetória não vertical não seriam naturais, e poderiam ser explicados como o resultado da ação *constante* e violenta de um agente externo.

O historiador da ciência Bernard Cohen (1914-2003)<sup>357</sup> procurou dar um melhor entendimento da Física aristotélica considerando que em todos os movimentos violentos existiria uma força motriz, que designou por  $F$ , e uma resistência,  $R$ . O movimento apenas ocorreria se a força motriz fosse maior que a resistência:

$$F > R \quad (1).$$

A velocidade,  $V$ , com que se moveria um corpo seria diretamente proporcional à força motriz e inversamente proporcional à resistência, isto é:

$$V \propto F \quad e \quad V \propto \frac{1}{R}$$

Em resumo, poderíamos escrever:

---

<sup>357</sup>COHEN, 1967, pp. 12-27.

$$V \propto \frac{F}{R} \quad (2)$$

Duas esferas idênticas, A e B, deixadas cair juntas no ar sofrerão a mesma resistência R. Caso a esfera A seja mais pesada que a B, isto é, a força motriz de A seja maior que a de B, isto fará com que a esfera A chegue ao solo com uma velocidade maior que a esfera B. Mas se os pesos das esferas fossem idênticos, sendo a esfera A maior que a esfera B, o que corresponderia dizer que a resistência ao movimento seja maior em A, verificaríamos que a esfera B chegaria ao solo com uma velocidade maior que a esfera A.

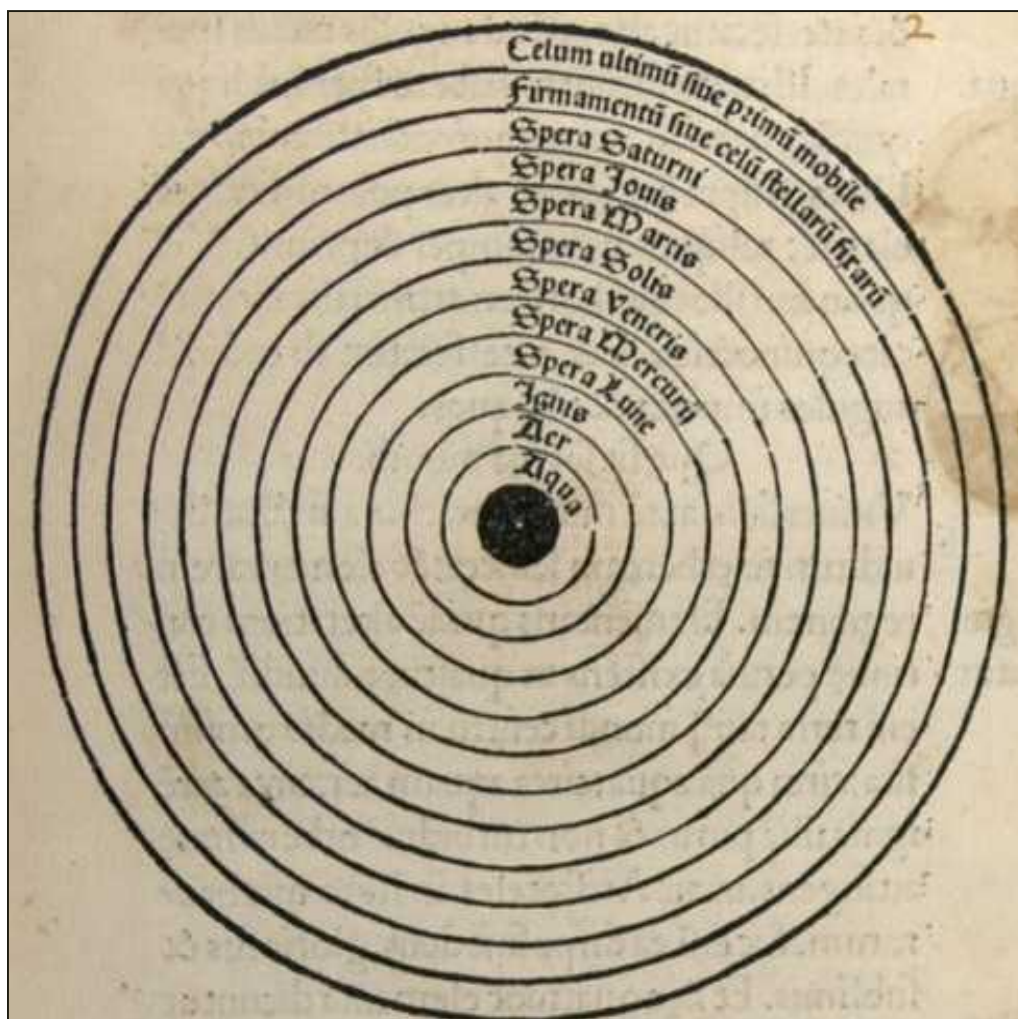
Como afirmou Bernard Cohen<sup>358</sup>, a equação (2) é limitada e somente é verdadeira quando a condição da equação (1) está satisfeita. Tal equação pode ter surgido do estudo de uma balança de braços iguais, onde em um dos braços estaria a força motriz e, no outro, a resistência<sup>359</sup>. Nesta balança, não haverá movimento quando  $F = R$ . A velocidade a que se refere a equação seria a velocidade final a que chega o corpo. Na física aristotélica, se ignora que um corpo que parte do repouso, por exemplo, em queda livre, antes de alcançar a velocidade final deveria ter um aumento gradativo do valor da velocidade.

Na física aristotélica, os planetas, a Lua e o céu eram todos mantidos em movimento pelo Primeiro Motor, a mais externa das esferas do mundo geocêntrico. No entanto, a Terra permanecia em repouso no centro do Universo (Figura IV-64).

---

<sup>358</sup>COHEN, 1967, p. 23.

<sup>359</sup>COHEN, 1967, p. 23.



**Figura IV-64:** A Esfera Celeste e suas nove divisões: a nona, Primeiro Motor ou Primeiro Móvel; a oitava, o Firmamento; as sete esferas restantes são a dos sete planetas: a maior é a de Saturno e a menor, a da Lua. Fonte: BOSCO, Johannes de Sacro. *Tractatus de Sphaera* (c.1478), cópia fac similar digital disponível através da Bibliothèque Nationale, de Paris (projeto Gallica), Fol. 2r, obtida através da cópia digital da tradução bilingue de Roberto de Andrade Martins, Universidade de Campinas, São Paulo, 2006. (Fonte: <http://ghc.ifi.unicamp.br/download/sacrobosco-1476-tra.pdf>).

#### IV.4 A geometrização do tempo

Para um observador, a trajetória é a linha que representa o caminho percorrido por um corpo com o passar do tempo. Quando nada se fala em contrário, considera-se o observador em repouso sobre a superfície da Terra. Ao se descrever um movimento está implícito a maneira como o observador considera o passar do tempo. Considerando os instantes únicos e sucessivos, o fluxo do tempo por muitos foi imaginado semelhante ao fluxo da água em um rio, onde nunca se poderá beber duas vezes da mesma água. Mas se assim

for, como será o movimento da água-tempo? Talvez por ser a forma mais simples, preferimos imaginar que o tempo flui de uma forma independente, mas com velocidade constante. No entanto, o elemento fogo, segundo Mircea Eliade<sup>360</sup>, na concepção daqueles que fundiam os metais e dos alquimistas, teria a capacidade de acelerar o passar do tempo. Com o auxílio do fogo se poderia agir sobre a natureza acelerando um “tempo local” que somente era percebido por aquele que se transformava. A concepção de um tempo que poderia ser acelerado não foi introduzida por Galileu na sua nova ciência. O tempo para Galileu, o tempo da Física Moderna, seria o tempo dos astrônomos, o tempo que flui com velocidade constante e que pode ser medido através de unidades de tempo definidas por eventos periódicos. Em um ano o Sol percorre as 12 constelações do Zodíaco, e em um dia o Firmamento completa uma volta ao redor da Terra. Ainda jovem e estudante de medicina, em Pádua, Galileu descobriu que o movimento pendular se completava e se repetia em tempos iguais, o que transformou o pêndulo em um adequado instrumento de medida de intervalos menores que o dos eventos periódicos observados no céu pelos astrônomos.

Galileu, quando estudou o movimento de uma esfera sobre um plano inclinado, não utilizou um pêndulo para definir a unidade de tempo. Durante as suas observações, apenas precisava determinar a razão entre intervalos de tempo, que não dependem da unidade de tempo utilizada. A medida do peso da água que escoava para fora de um reservatório, com fluxo constante, foi para ele a melhor maneira de medir as razões de tempo:

No que diz respeito à medida do tempo<sup>361</sup>, empregávamos um grande recipiente cheio de água, suspenso no alto, o qual por um pequeno orifício feito no fundo, deixava cair um fino fio de água, que era recolhido num pequeno copo durante todo o tempo em que a bola descia [o plano inclinado] pela canaleta ou por suas partes. As quantidades de água assim recolhidas eram a cada vez pesadas com uma balança muito precisa, sendo a diferença e proporções entre os pesos correspondentes às diferenças e proporções entre os tempos; e isto com tal precisão que, como afirmei, estas operações,

---

<sup>360</sup>ELIADE, 1979, p.35.

<sup>361</sup>Na verdade, não se trata de medida do tempo considerando uma unidade de medida. O que Galileu descreve é uma técnica de comparar intervalos de tempo, a qual não depende da unidade usada.

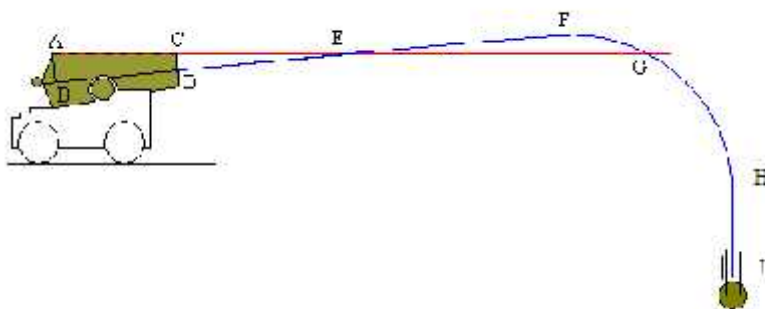


muitas vezes repetidas, nunca diferiam de uma maneira significativa.<sup>362</sup>

O procedimento que Galileu utilizou para medir o tempo, a semelhança da medida do espaço, lhe permitiu inovar e representar sobre uma mesma linha reta a medida do tempo e do espaço.

## IV.5 A trajetória dos projéteis

Um dos primeiros matemáticos que se dedicaram ao estudo da trajetória dos projéteis foi Niccolò Tartaglia (1499- c.1557). Em 1537, editou em Veneza a *Nova Scientia*, obra na qual estudou as trajetórias descritas pelos projéteis lançados pelas bocas de fogo. Para Tartaglia, a trajetória da bala, linha DEFHI na Figura IV-65, era dividida em duas partes retilíneas, DF e HI, unidas por um arco de circunferência, FH. A primeira parte do movimento, DF, com trajetória retilínea, era reconhecida como um *movimento violento*<sup>363</sup>, causado pela ação externa da detonação da pólvora sobre a bala e o ar. A terceira e última parte da trajetória, uma reta vertical, não era produzida por um movimento *violento*. A queda vertical era um *movimento natural*, uma tendência dos corpos pesados, os quais se movimentavam na direção do centro da Terra em busca do seu lugar natural.



**Figura IV-65:** A trajetória de um projétil, segundo Niccolò Tartaglia, seria formada por dois segmentos de reta unidos por um arco de circunferência.

<sup>362</sup> GALILEI, 1988, p. 176.

<sup>363</sup> O movimento dos projéteis era descrito por Tartaglia como na velha física, uma mistura de *natural* e de *violento*. Considerando as duas categorias de movimento, que fazem parte da física aristotélica, apenas o segundo exige o apelo a uma causa externa.

No frontispício da *Nova Scientia* (Figura IV-66), a mais difundida das obras de Tartaglia, as trajetórias dos projéteis lançados pelas bocas de fogo estão desenhadas como curvas em toda a sua extensão, o que contradizia o conteúdo do livro. Em 1546, Tartaglia escreveu um segundo livro no qual afirmava que “em parte alguma da trajetória do projétil esta seria retilínea”<sup>364</sup>, afirmação que no século XVI não encontrava muitos adeptos.



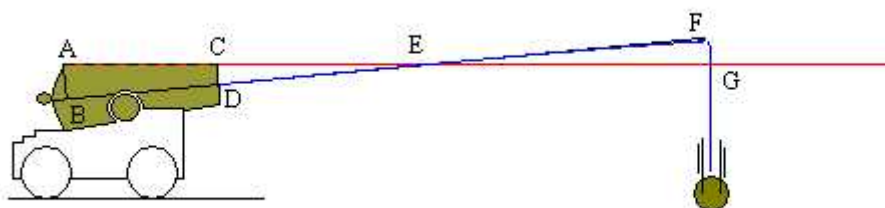
**Figura IV-66:** Frontispício da *Nova Scientia*, de Niccolò Tartaglia. (Fonte: ALQUIÉ, Ferdinand; BEAUDE, Joseph; COSTABEL, Pirre; POLIN, Raimond; RUSSO, F. *Galileu, Descartes e o Mecanismo*. Gradiva, Lisboa, 1987, p.87).

O movimento de um projétil com trajetória curva deveria ser um movimento violento que apenas poderia ser explicado como o resultado da ação constante de um agente externo, que a princípio deveria ser o ar. Por volta de 1285, nos arredores de Londres, Guilherme de Occam, um frade franciscano, achava que seria um absurdo considerar o ar o agente motor dos

<sup>364</sup>FERRAZ, Antonio; 1905, p.24.

projéteis, porque dois projéteis em movimento com sentidos opostos, em um mesmo local, estariam sendo impelidos em sentidos opostos por uma mesma massa de ar, o que seria impossível<sup>365</sup>.

No século XIV, surgiu na escola parisiense um novo conceito para explicar o movimento dos projéteis. João Buridan (c.1300-1358) lançou a tese de que um projétil, ao ser lançado, recebia do lançador a força motora (*virtus motiva*) de seu movimento, ou *ímpeto*, que a resistência ao movimento oferecida pelo ar pouco a pouco consumiria. Assim sendo, Leonardo da Vinci (1452-1519) concluiu que os movimentos dos projéteis sempre terminariam em uma queda vertical. Após o ímpeto violento ter se esgotado completamente, o que restaria seria um movimento puramente natural<sup>366</sup>. Mas, se assim fosse, as balas que os canhões lançavam nunca teriam capacidade de ferir uma muralha no ponto F da trajetória (Figura IV-67), o que certamente os artilheiros não confirmavam.<sup>367</sup>



**Figura IV.67:** Para Leonardo da Vinci, a trajetória de um projétil lançado no ar seria retilínea até o ponto F, onde, devido ao esgotamento do ímpeto, se transformava em uma queda vertical.

Em 1593, Galileu escreveu um *tratado de fortificações* enquanto vivia em Pádua, onde mantinha um pensionato que abrigava 20 rapazes, muitos dos quais estrangeiros. Nessa época, além de alojamento e alimentação, os pensionistas recebiam aulas de fortificação. Um dos alunos, B. Cavalieri<sup>368</sup>, dava para a trajetória dos projéteis uma nova explicação ao que o mestre lhe tinha ensinado:

<sup>365</sup>BRAGA, GUERRA, REIS; 2003, p.56.

<sup>366</sup>COSTABEL, 1987, p.86.

<sup>367</sup>GALILEI, 1988, XIV.

<sup>368</sup>KOYRÉ; 1986, p.368.

Digo seguidamente que se se considerar um móvel que fosse lançado por um projectante para um alvo qualquer e se não houvesse nenhuma outra virtude motriz que o puxasse para outra direcção, ele iria em linha recta para o lugar designado pelo projectante, movido unicamente em linha recta pela virtude nele imprimida: e dessa rectidão não é razoável que o móvel se afaste, pois não há outra virtude motriz que daí o desvie; assim, por exemplo, uma bala de canhão saída da boca da peça, se não possuísse nenhuma outra [virtude motriz] que a que lhe é imprimida pelo fogo, iria do ponto de tiro sempre a direito para o alvo situado no prolongamento do eixo do canhão; mas porque há um outro motor, a saber, a **gravidade interna** [o grifo é meu] da bala, segue-se que esta será forçada a afastar-se daquela rectidão para se aproximar do centro da Terra.<sup>369</sup>

Em 1638, nos<sup>370</sup> *Discorsi*, seu autor deu um grande salto inovador. O movimento de um projétil passou a ser descrito como um movimento composto de dois movimentos distintos: um movimento uniforme, horizontal, e o movimento acelerado ao longo da linha recta vertical, em direcção ao centro da Terra. Na trajetória, suprimiu-se a parte retilínea<sup>371</sup>. A bala do canhão saída da boca da peça terá uma trajetória formada por uma única curva, um arco de parábola.

A estratégia de Galileu seria sempre do mais simples alcançar o mais complexo. Assim procedendo, começou definindo o que seria o mais simples de todos os movimentos, o movimento uniforme:

Para movimento constante ou uniforme daremos uma única definição que formulo dessa maneira: *Entendo por movimento constante ou uniforme aquele cujos espaços, percorridos por um móvel em tempos iguais quaisquer, são iguais entre si.*<sup>372</sup>

O movimento acelerado é aquele em que o valor da velocidade varia com o passar do tempo. No entanto, existiria uma infinidade de maneiras através das quais o valor da velocidade poderia variar com o tempo. Na queda dos corpos, a velocidade iria variar sob a ação da natureza, a qual se fazia com característica própria:

Finalmente, no estudo do movimento **naturalmente acelerado** [o grifo é meu], fomos por assim dizer, conduzidos pela mão

<sup>369</sup>No texto foi mantida a tradução portuguesa, isto é, o português de Portugal.

<sup>370</sup>A palavra *Discorsi* em italiano é plural de *Discorso*.

<sup>371</sup>O que tinha sido proposto por Tartaglia em 1546 tornava a ser novamente proposto. Porém, agora a trajetória curva estava sustentada por uma nova ciência, a Física Moderna.

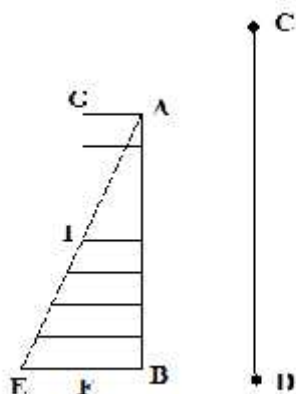
<sup>372</sup>GALILEI; 1988, pp.153-154.

graças à observação das regras seguidas habitualmente pela própria natureza em todas as suas outras manifestações nas quais ela faz uso de meios mais imediatos, **mais simples** [o grifo é meu] e mais fáceis. Pois penso que na verdade nenhuma pessoa acredite poder nadar e voar com maior simplicidade e maior facilidade que os peixes ou as aves, que se servem do instinto natural.

A pedra que cai a partir do repouso deveria assim variar a sua velocidade da maneira mais simples possível, que nas palavras de Galileu seria “em tempos iguais quaisquer ela deveria adquirir aumentos iguais de velocidades”<sup>373</sup>. Este seria o movimento uniformemente variado.

Teorema I – Proposição I (Terceira Jornada)<sup>374</sup>

O tempo no qual um determinado espaço é percorrido por um móvel que **parte do repouso** [o grifo é meu] com um movimento uniformemente acelerado é igual ao tempo no qual aquele mesmo espaço seria percorrido pelo mesmo móvel [com movimento] uniforme, cujo grau de velocidade seja a **metade** [o grifo é meu] do maior e último grau de velocidade alcançado no movimento uniformemente variado.



**Figura IV-68:**Figura utilizada por Galileu para fazer a demonstração do Teorema I – Proposição I<sup>375</sup>. (Fonte: GALILEI, Galileu. *Dois Novas Ciências: Discorsi e Dimostrazioni Matematiche, intorno à due nuoue Scienze attenenti alla Mecanica & Movimenti Locali*, 1638. Tradução e notas: Letizio Mariconda e Pablo R. Mariconda. Istituto Italiano di Cultura, Nova Stella, 2ª edição, 1988, p.170).

Para demonstrar o teorema, Galileu agiu como um geômetra e inovou. Utilizando segmentos de reta geometrizou igualmente o tempo e o espaço (Figura IV-68). Com o segmento de reta AB, representou o tempo de queda e com CD, o espaço percorrido. Em cada instante da queda, um ponto no

<sup>373</sup>GALILEI; 1988, p.160.

<sup>374</sup>GALILEI; 1988, p.170.

<sup>375</sup>GALILEI; 1988, p. 170.

segmento de reta AB, a velocidade era representada pelo segmento de reta que unia AB ao segmento de reta AE. Assim sendo, a velocidade inicial nula seria o ponto A, e a velocidade máxima, o segmento de reta EB. O segmento FB, a metade do valor máximo de velocidade, limitava o tamanho do retângulo ABFG, que tinha a mesma área que o triângulo ABE. Para demonstrar que as áreas eram iguais, na opinião de Luiz Pinguelli Rosa<sup>376</sup>, Galileu tangenciou o cálculo integral, mais tarde desenvolvido por Newton e, independentemente, por Leibniz.

[...] a soma de todas as paralelas contidas no quadrilátero [ABFG] será igual à soma de todas as paralelas contidas no triângulo AEB, visto que as linhas paralelas contidas no triângulo IEF são equivalentes às linhas contidas no triângulo GIA, e aquelas contidas no trapézio AIFB são comuns.<sup>377</sup>

As áreas na figura representavam deslocamentos. Portanto, a igualdade entre as áreas do quadrilátero ABFG e do triângulo ABE permitiu que se afirmasse que no tempo AB o deslocamento do movimento uniforme com velocidade FB, a área do quadrilátero, seria igual ao deslocamento do corpo em movimento uniformemente variado, a área do triângulo.

As áreas como deslocamento evidenciaram outra propriedade do movimento:

Teorema II – Proposição II (Terceira Jornada)<sup>378</sup>

Se um móvel, partindo do repouso, cai com um movimento uniformemente acelerado, **os espaços por ele percorridos** [o grifo é meu] em qualquer tempo estão entre si na razão dupla dos tempos, a saber, como os quadrados desses mesmos tempos.

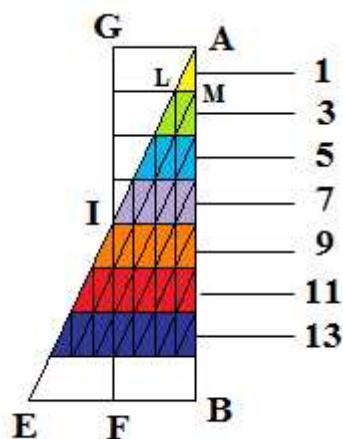
Para demonstrar o teorema, vamos considerar o segmento AB, onde se representa o tempo, dividido em partes iguais (Figura IV-69). A partir do ponto A, onde o móvel inicialmente estava em repouso, a área do triângulo AML irá representar um deslocamento unitário do móvel que ocorreu no tempo AM, também unitário. Na continuidade do movimento, durante a segunda unidade de tempo, o deslocamento (área) é três vezes maior. Na próxima unidade de

<sup>376</sup>ROSA, 1989, p.83.

<sup>377</sup>GALILEI; 1988, p.170.

<sup>378</sup>GALILEI; 1988, p. 171.

tempo, será cinco vezes maior, e a seguir, na outra unidade de tempo, já se tornou sete vezes maior, de onde se conclui que os deslocamentos (áreas) em cada unidade de tempo crescem como a sequência dos números ímpares. Por sua vez, a distância do móvel até o ponto de origem, A, cresce e determina outra sequência numérica (1; 4; 9; 16; 25; 36; 49) que pode ser escrita como:  $1^2$ ;  $2^2$ ;  $3^2$ ;  $4^2$ ;  $5^2$ ;  $6^2$ ;  $7^2$ . A sequência numérica que exprime o passar do tempo (1; 2; 3; 4; 5; 6; 7) comparada com a sequência das distâncias, medidas em relação ao ponto A, nos permite afirmar que no movimento uniformemente acelerado, a partir do repouso, as distâncias do móvel à origem são proporcionais ao quadrado do tempo decorrido.



**Figura IV-69:** Os deslocamentos de um móvel em queda livre, em tempos iguais, quando se movimenta a partir do repouso, correspondem às áreas coloridas e crescem na sequência dos números ímpares (1; 3; 5; 7; 9; 13).

O método utilizado por Galileu para fazer ciência está muito distante do que hoje denominamos método científico. O método usual seria “colher um grande número de observações, ou realizar uma série de experiências, depois classificar os resultados, generalizá-los, procurar uma relação matemática, descobrir uma lei”<sup>379</sup>. O método de Galileu mais se aproxima da tradição platônica, considerando que acreditava que as verdades fundamentais da Natureza eram reveladas pelas relações das figuras geométricas regulares e

<sup>379</sup>COHEN, 1967, p.104.

pelas relações entre os números<sup>380</sup>. A demonstração matemática era necessária e suficiente. As experiências propostas não faziam parte do método de investigação porque apenas serviam para confirmar o que já havia sido demonstrado. A não comprovação experimental criaria uma suspeita sobre o experimento e não sobre a teoria.

Como verdadeiro homem de ciência, sua exigência [para que se apresentem algumas experiências que concordem com os resultados demonstrados] é muito razoável; pois é assim que convém proceder nas ciências, que aplicam as demonstrações matemáticas aos fenômenos naturais, como se observa no caso da Perspectiva, da Astronomia, da Mecânica, da Música e de outras, as quais **confirmam** [o grifo é meu] com experiências sensatas seus princípios, que são os fundamentos de toda a estrutura ulterior.<sup>381</sup>

Como na geometria, na cinemática de Galileu existiam princípios e teoremas. Os princípios determinavam as características essenciais da natureza e não admitiam demonstração. Os teoremas eram afirmações que deveriam ser demonstradas. Através de um teorema se afirmou que na queda natural, a partir do repouso, a variação da velocidade de um grave deveria ser proporcional ao tempo de queda. Para demonstrar o teorema, se fez uso do *Princípio da Simplicidade*, no qual se afirmava que na natureza tudo ocorre da forma mais simples possível. Assim sendo, em intervalos de tempos iguais, a velocidade deverá aumentar sempre de uma mesma quantidade, o que poderia ser confirmado experimentalmente.

Galileu tinha uma plena confiança nos resultados demonstrados, o que deixa uma questão em aberto: Será que de fato ele fez *todas* as experiências que afirmou ter feito? Entre os diversos historiadores da ciência, não se encontra uma opinião unânime. Para Alexandre Koyré, Galileu era um teórico que descrevia a natureza pela matemática e por experimentos mentais, era um neoplatônico. Stillman Drake, por sua vez, discorda da posição assumida por Koyré e considera que Galileu era essencialmente um experimentador. Por sua vez, Pierre Thuiller assume uma posição intermediária considerando que,

---

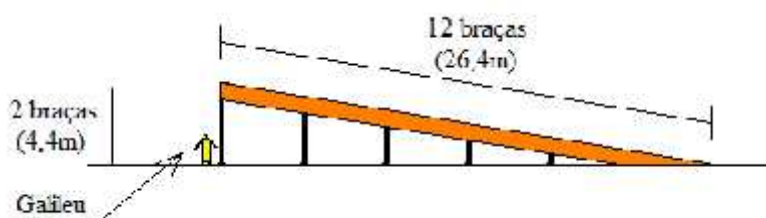
<sup>380</sup>COHEN, 1967, p.101.

<sup>381</sup>GALILEI, 1988, p.175.



conforme a situação, Galileu poderia ter sido um experimentador ou um teórico<sup>382</sup>.

Na queda natural as velocidades variam muito rapidamente, e os nossos olhos não conseguem observar este fenômeno. Para contornar tal incapacidade humana, Galileu propôs um experimento, uma esfera descendo um plano inclinado a partir do repouso. A diminuição da inclinação do plano causava a diminuição da rapidez com que ocorria a variação da velocidade. E, com o aumento da inclinação, era possível aumentar esta rapidez até um limite máximo que ocorria quando o plano estava inclinado de 90 graus, quando a queda natural acelerada da esfera se tornava vertical<sup>383</sup>.



**Figura V.70:** O plano inclinado utilizado por Galileu, desenhado em escala ao lado de um homem de estatura mediana, nos mostra a grandiosidade do aparelho experimental. Atualmente, com a evolução dos cronômetros, não seria necessário, para obter boa precisão nas medidas, que o plano inclinado utilizado fosse tão grande.

Para que se observasse o movimento da esfera sobre o plano inclinado com facilidade, e as medidas pudessem ser feitas com boa precisão, Galileu construiu o seu plano inclinado com grande comprimento e pequena inclinação. Tal atitude demonstrava a ação de um bom experimentador que, além de geômetra, também agia como engenheiro. O plano tinha 12 braças (26,4 metros) de comprimento (Figura IV-70). A maneira de construí-lo e utilizá-lo foi descrito nos Discorsi<sup>384</sup>:

Numa ripa ou, melhor dito, numa viga de madeira com um comprimento aproximado de 12 braças, uma largura de meia braça num lado a três dedos no outro, foi escavada uma canaleta neste lado menos largo com pouco mais que um dedo

<sup>382</sup>ROSA, 1989, p.84.

<sup>383</sup>Para Galileu, uma esfera que descia um plano inclinado era uma queda natural acelerada que era desviada da direção vertical pela ação externa da superfície do plano inclinado.

<sup>384</sup>O procedimento descrito, próprio para contornar as dificuldades e melhorar a precisão das medidas, reforça a tese de que de fato o experimento foi feito e Galileu era um experimentador competente.

de largura. No interior desta canaleta perfeitamente retilínea, para ficar bem polida e limpa, foi colocada uma folha de pergaminho que era polida até ficar bem lisa; fazíamos descer por ela uma bola de bronze duríssima perfeitamente redonda e lisa. Uma vez construído o mencionado aparelho, ele era colocado numa posição inclinada, elevando sobre o horizonte uma das suas extremidades até a altura de uma [4,8 graus de inclinação] ou duas braças [9,5 graus]<sup>385</sup>, e se deixava descer (como afirmei) a bola pela canaleta, anotando como exporei mais adiante o tempo que empregava para uma descida completa; repetindo a experiência muitas vezes para determinar a quantidade de tempo, na qual nunca se encontrava uma diferença nem mesmo da décima parte de uma batida de pulso. Feita e estabelecida com precisão tal operação, fizemos descer a mesma bola apenas por uma quarta parte do comprimento total da canaleta [3 braças]; e, medido o **tempo de queda** [o grifo é meu], resultava ser sempre rigorosamente igual à metade do outro [de 9 braças, o que conduzia a esfera ao final do plano inclinado de 12 braças]. Variando a seguir a experiência e comparando o tempo requerido para percorrer todo o comprimento [12 braças] com o tempo para percorrer a metade [6 braças], ou os dois terços [8 braças], ou três quartos [9 braças], ou para concluir qualquer outra fração, por meio de experiências repetidas mais de cem vezes, sempre se encontrava que **os espaços percorridos estavam entre si como os quadrados dos tempos** [o grifo é meu] e isso em todas as inclinações do plano, ou seja, da canaleta, pela qual fazia descer a bola. Observamos também que os tempos de queda para as diferentes inclinações do plano mantinham exatamente entre si aquela proporção que foi **encontrada e demonstrada pelo autor** [o grifo é meu]<sup>386;387</sup>.

Em resumo, o geômetra Galileu, utilizando o princípio de que a natureza sempre atua da forma mais simples, concluiu que a velocidade de um corpo em queda natural a partir do repouso deveria aumentar continuamente o valor da

---

<sup>385</sup>No plano inclinado de 9,5 graus a esfera desceria com a maior aceleração, a qual seria menor que  $1,6 \text{ m/s}^2$ , considerando que a esfera que desce girando transforma parte da energia potencial gravitacional em energia cinética de rotação. A velocidade máxima em que a esfera deveria chegar à base do plano inclinado seria menor que 9 m/s. No primeiro segundo, a esfera, partindo do repouso, chegaria a uma velocidade máxima de 1,6 m/s, o que não é muito grande, considerando que 1 m/s é a velocidade de uma pessoa andando. A esfera levará um tempo total de cerca de 6 segundos para descer o plano. No primeiro segundo terá um deslocamento de próximo de 0,8m. A seguir, durante o próximo segundo, a esfera terá um deslocamento que não ultrapassará 2,4m (3x0,8m). Como se pode notar, o plano inclinado gigantesco construído por Galileu estabelecia condições favoráveis para se fazerem precisas medidas dos deslocamentos ocorridos em intervalo de tempos iguais, que correspondiam, segundo a demonstração teórica, a deslocamentos que cresciam na sequência dos números ímpares.

<sup>386</sup>GALILEI; 1988, pp.175-176.

<sup>387</sup>Nos *Discorsi*, Galileu deixa claro que não foi experimentalmente que encontrou a proporção entre os deslocamentos e o respectivo intervalo de tempo. A experimentação apenas estava confirmando o que já tinha encontrado na sua teoria a partir do princípio que na aceleração natural, durante uma queda livre a partir do repouso, a velocidade deveria aumentar da forma mais simples possível, isto é, proporcionalmente ao tempo de queda.

velocidade da maneira mais simples possível. Com extrema simplicidade, a queda natural deveria ser um movimento uniformemente variado, isto é, um movimento onde o valor da sua velocidade deveria ser proporcional ao tempo da queda, enquanto o deslocamento proporcional ao quadrado deste tempo. Como considerava o movimento da esfera sobre o plano inclinado uma queda natural desviada da vertical pela superfície do plano, a observação desse movimento deveria confirmar o que demonstrou para a queda natural vertical. O movimento pendular de um grave preso a uma corda também era considerado por ele uma queda natural desviada da vertical, neste caso pela corda que sustentava o corpo. Quando ainda era um jovem estudante de medicina, observou que os períodos dos pêndulos permaneciam constantes à medida que o movimento pendular ia sendo amortecido, pouco a pouco, pela oposição ao movimento oferecida pelo ar, até que finalmente parasse na posição de equilíbrio. Outro resultado que certamente o surpreendeu foi a descoberta de que pêndulos em que os graves pendiam em cordas com o mesmo comprimento tinham períodos iguais, não importando o peso do grave que era sustentado pela corda. Esse resultado tornava evidente que o tempo de queda, o qual equivalia a  $\frac{1}{4}$  do período, era o mesmo para todos os graves. Tal fato também deveria ser observado no movimento da esfera no plano inclinado<sup>388</sup> ou na queda natural vertical. Uma bala de canhão de 25 libras e outra de 5 libras, caso fossem abandonadas juntas a uma mesma altura do topo da Torre de Pisa, deveriam chegar juntas ao solo sempre que durante a queda o ar não lhes oferecesse nenhuma resistência ao movimento considerável.

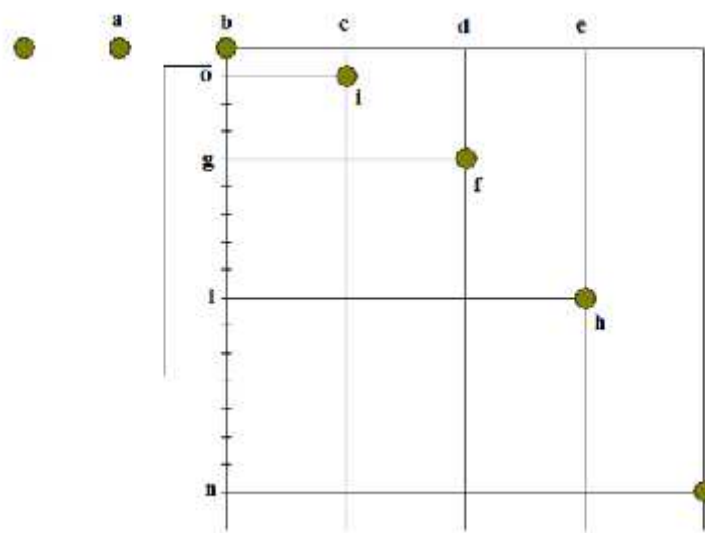
Com o estudo da queda natural concluído, e como já tinha definido que nas superfícies horizontais perfeitamente lisas um corpo manteria constante o seu ímpeto, Galileu estava pronto para estudar os lançamentos de projéteis próximo da superfície da Terra, o que fez na Quarta Jornada dos *Discorsi*. Neste estudo, foi necessário admitir um novo princípio da natureza, o da *Independência dos Movimentos*. O movimento de um projétil, segundo este princípio, poderia ser descrito como composto por dois movimentos ortogonais,

---

<sup>388</sup>No plano inclinado, o movimento de rotação da esfera retardará o movimento de translação do centro de massa. Assim sendo, a confirmação de que o peso do corpo não influencia no tempo de queda apenas poderia ser feita se a esfera descesse o plano sem girar.

independentes e concomitantes, um movimento uniforme na horizontal e uma queda natural na vertical.

[...] imagino que um móvel foi projetado sobre um plano horizontal livre de qualquer obstáculo; já é evidente, de acordo com o que expusemos longamente em outro lugar, que o dito móvel se movimentará sobre esse plano com um movimento uniforme e perpétuo, supondo que esse plano seja prolongado ao infinito. Se, ao contrário, supomos um plano limitado e situado a certa altura, um móvel que supomos dotado de gravidade, **uma vez chegado à extremidade do plano** [o grifo é meu] e continuando seu curso, acrescentará, ao anterior movimento uniforme e indestrutível, a tendência de ir para baixo, devido à sua própria gravidade; origina-se, assim, um movimento composto de um movimento horizontal uniforme e de um movimento descendente naturalmente acelerado, que chamo de projeção<sup>389</sup>.



**Figura IV-71:** Trajetória de um lançamento horizontal de um projétil. (O desenho é uma reprodução da figura do texto: GALILEI, Galileu. *Dois Novas Ciência / Discorsi e Dimostrazioni Matematiche, intorno à due nuove Scienze attenenti allá Mecanica & Movimenti Locali*, 1638. Tradução e notas: Letizio Mariconda e Pablo R. Mariconda. Istituto Italiano di Cultura, Nova Stella, 2ª edição, 1988, p.250).

A trajetória do móvel, um arco de parábola, surge como uma propriedade da geometria do movimento composto.

#### Teorema I – Proposição I<sup>390</sup>

Um projétil que envolve um movimento composto por um movimento horizontal uniforme e por um movimento

<sup>389</sup>GALILEI, 1988, p.245.

<sup>390</sup>GALILEI, 1988, p. 246.

descendente naturalmente acelerado descreve em seu deslocamento uma linha semiparabólica.

Na *Quarta Jornada*, como demonstração do Teorema I, Galileu nos mostra como os dois movimentos ortogonais, independentes e concomitantes, fazem resultar uma trajetória que seria um arco de parábola (Figura IV-71).

[...] marquemos arbitrariamente um número qualquer de **intervalos de tempo** [o grifo é meu] iguais BC, CD, DE; e, a partir dos pontos B, C, D, E, tracemos as linhas equidistantes à perpendicular BN. Na primeira destas linhas, tomemos uma parte qualquer CI; na linha seguinte tomemos uma distância quádrupla DF; na seguinte, uma distância nove vezes maior EH; [...]

Se supusermos que um móvel vai de B a C com um movimento uniforme e possui ao mesmo tempo um movimento de descida perpendicular à distância CI, dito móvel no tempo BC se encontrará no I. Continuando [...] <sup>391</sup>.

Para construir a trajetória do móvel, Galileu prossegue na determinação das posições dos pontos F e H, sempre considerando que o móvel continuava a sua queda natural combinada com o movimento uniforme na horizontal. Como o quadrado de HL estará para o quadrado de FG <sup>392</sup>, assim como a linha LB está para a BG, propriedade da parábola <sup>393</sup> que também se aplica da mesma forma ao ponto I. Assim Galileu conclui que todos os pontos estão situados sobre um mesmo arco de parábola.

A seguir à demonstração geométrica, Galileu faz uma bela análise mostrando que o movimento que estudou é uma idealização e que nunca existirá realmente <sup>394</sup>. Na trajetória parabólica, enquanto um móvel cai, estará se afastando do eixo de simetria da parábola que tem a direção que passa pelo centro da Terra. Portanto, se os corpos em queda tendem ao centro da Terra, a trajetória final nunca deverá ser um arco de parábola. Da mesma forma, sobre uma Terra esférica nunca poderá existir um plano horizontal sobre o qual o móvel se movimentaria com velocidade constante sem se afastar do centro da

<sup>391</sup>GALILEI; 1988, p.250.

<sup>392</sup>Na direção horizontal, onde o movimento é uniforme e o deslocamento é proporcional ao tempo, Galileu fez uso de um mesmo segmento de reta para representar o tempo e o deslocamento horizontal.

<sup>393</sup>No texto dos *Discorsi*, antes da demonstração de que a trajetória seria um arco de parábola, Galileu demonstrou que esta forma de proporção entre os segmentos, como o geômetra Apolônio tinha demonstrado no passado, era uma propriedade de todos os pontos que pertenciam à parábola (GALILEI, 1988, pp. 246-249).

<sup>394</sup>GALILEI; 1988, pp.251-256.

Terra. Por último, Galileu deixa claro que também não considerou a resistência do ar no movimento do projétil<sup>395</sup>. Apesar das condições simplificadoras que impôs ao estudo do movimento do projétil, o seu método foi um grande salto de qualidade. Pode sempre existir uma infinidade de variáveis que afastam a realidade das condições ideais. No entanto, a atitude genial de Galileu foi criar uma teoria para uma realidade simplificada e não se manter paralisado diante da complexidade da realidade. Como um bom experimentador, soube escolher as matérias, as formas e as velocidades que tornavam os resultados reais com menor desvio do ideal. Considerando o tamanho da Terra, informou que mesmo para um grande lançamento de projétil feito por uma peça de artilharia, cujo alcance não ultrapassa quatro milhas, comparando às milhares de milhas de distância ao centro da Terra, as trajetórias desses projéteis terminam na superfície do globo terrestre e muito pouco se afastarão da forma parabólica.

## IV.6 Composição de velocidades

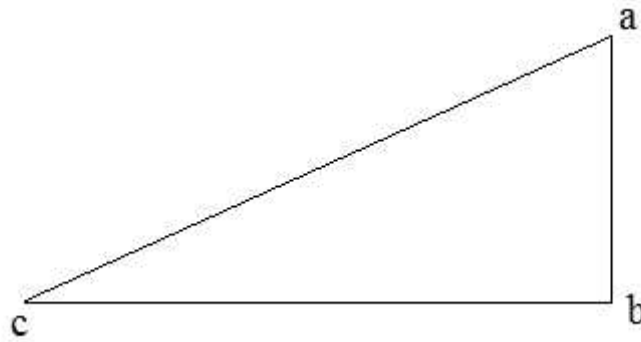
Um corpo que tem um deslocamento vertical de A até B, seguido de outro na horizontal de B até C, poderia, com um único movimento, ser conduzido de A até C com deslocamento AC numericamente igual à hipotenusa do triângulo retângulo com catetos AB e BC (Figura IV-72). Ao considerar um único movimento AC composto por dois outros movimentos ortogonais, AB e BC, dos quais será a soma, Galileu estava fazendo uso de uma nova maneira de somar na qual 2 mais 2 não será necessariamente igual a 4, como ocorre com a soma de números. Um deslocamento vertical de três unidades seguido por um deslocamento horizontal de quatro unidades resultará em um deslocamento de cinco unidades, e não em um de 7 unidades<sup>396,397</sup>.

---

<sup>395</sup>GALILEI; 1988, p.251.

<sup>396</sup>No triângulo retângulo, o quadrado da hipotenusa é igual à soma dos quadrados dos catetos (Teorema de Pitágoras).

<sup>397</sup>Galileu não apresenta o deslocamento, a velocidade e o momento de translação como um novo tipo de grandeza, mas determina o método para somá-los. As bases do cálculo vetorial estavam sendo lançadas.



**Figura IV-72:** Um móvel que é conduzido de A até B e, chegando em B é conduzido até C, o movimento que resulta da combinação desses dois movimentos ortogonais é um único movimento de A até C. Como em qualquer triângulo retângulo:  $(AC)^2 = (AB)^2 + (BC)^2$ . (Fonte: GALILEI, Galileu. *Dois Novas Ciências: Discorsi e Dimostrazioni Matematiche, intorno a due nuove Scienze attenenti allá Mecanica & Movimenti Locali*, 1638. Tradução e notas: Letizio Mariconda e Pablo R. Mariconda. Istituto Italiano di Cultura, Nova Stella, 2ª edição, 1988, p.266).

#### Teorema II- Proposição II (Quarta Jornada)

Se um móvel se move com um movimento duplo uniforme, um horizontal e outro perpendicular, o ímpeto ou momento da translação (*momentum lationis*) produzido pelos dois movimentos será igual em potência aos dois momentos dos movimentos primitivos.<sup>398</sup>

Os momentos, afirmou Galileu, também serão somados como os deslocamentos.

Suponhamos que um móvel qualquer se move uniformemente com um movimento duplo, correspondendo o espaço AB [figura IV.72] ao movimento perpendicular e BC ao movimento horizontal realizado ao mesmo tempo com movimentos uniformes, os momentos dessas translações estão entre si como estão entre si AB e BC; porém o móvel, que se movimenta de acordo com estes dois movimentos, descreve a diagonal AC, sendo, portanto, AC o momento de sua velocidade. Ora, o quadrado de AC é igual à soma dos quadrados de AB e BC, logo, o momento composto por ambos os momentos AB e BC é igual à soma dos quadrados dos mesmos; o que se queria demonstrar.

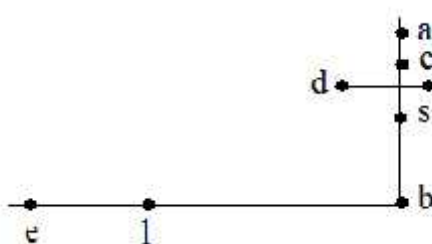
Com as bases de um novo cálculo lançadas, Galileu pretende determinar o ímpeto de um projétil que foi lançado horizontalmente. Como o movimento de um projétil é composto de dois movimentos ortogonais e independentes, em qualquer ponto da sua trajetória que se queira determinar o

<sup>398</sup>GALILEI, 1988, p.257.

ímpeto do projétil será necessário fazer a soma do ímpeto vertical com a do horizontal. O ímpeto horizontal se mantém constante e igual ao do móvel no instante do lançamento. No entanto, o ímpeto vertical aumenta durante a queda e precisará ser determinado considerando o tempo de queda.

Teorema III – Proposição III (Quarta Jornada)<sup>399</sup>

Suponhamos o movimento que acontece pela linha AB [Figura IV-73], partindo do repouso em A, e sobre tal linha tomemos um ponto qualquer C; façamos com que AC represente o tempo<sup>400</sup>, ou seja, a medida do tempo de duração da queda pelo espaço AC, e que o mesmo segmento represente também a medida do ímpeto ou momento adquirido no ponto C, ao final da descida por AC<sup>401</sup>. Tomemos na mesma linha AB outro ponto qualquer, por exemplo B, no qual devemos determinar o ímpeto adquirido neste ponto por um móvel, após a descida AB, **em proporção ao ímpeto obtido em C** [o grifo é meu], cuja medida é por hipótese AC. Tomemos AS como média proporcional entre AB e AC. Devemos demonstrar que o ímpeto em B está para o de C assim como a linha AS está para a linha AC.<sup>402</sup>



**Figura IV-73:** Figura a que se refere o Teorema III – Proposição III. (Fonte: GALILEI, Galileu. *Duas Novas Ciências: Discorsi e Dimostrazioni Matematiche, intorno a due nuove Scienze attenenti allá Mecanica & Movimenti Locali*, 1638. Tradução e notas: Letizio Mariconda e Pablo R. Mariconda. Istituto Italiano di Cultura, Nova Stella, 2ª edição, 1988, p.258).

Para melhor entendermos a afirmação feita no Teorema III, antes precisamos entender o que se determina quando se calcula a média geométrica entre dois números. Primeiro, considere um quadrado de lado AC com área igual à unidade de medida de área, e uma questão: De quantas vezes deveremos aumentar o lado deste quadrado para que sua área duplique? A média geométrica das áreas dos dois quadrados determina o

<sup>399</sup>GALILEI, 1988, p.257.

<sup>400</sup>As demonstrações de Galileu não são algébricas. Uma geometrização do tempo semelhante à do espaço lhe permitiu o uso de uma mesma reta para representar deslocamentos, tempos e ímpetos, o que causa dificuldades ao leitor moderno acostumado com o sistema cartesiano, onde o eixo do tempo é ortogonal ao eixo das posições.

<sup>401</sup>O uso de um mesmo segmento de reta para representar o intervalo de tempo e o ímpeto poderá ser feito porque são grandezas diretamente proporcionais.

<sup>402</sup>GALILEI, 1988, p.258.



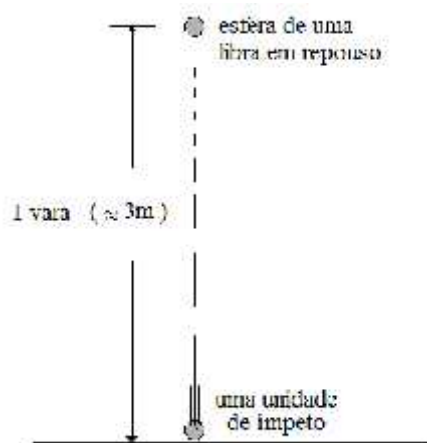
número de vezes que deveremos aumentar o lado do quadrado de área unitária:  $\sqrt[3]{1.2} = \sqrt[3]{2}$ . Da mesma forma, caso desejássemos uma área três vezes maior que a área unitária, o lado AC deveria aumentar de  $\sqrt[3]{1.3} = \sqrt[3]{3}$ . Para quadruplicar a área, seria necessário duplicar o lado,  $\sqrt[3]{1.4} = 2$ . Portanto, se AC é igual a 1, a raiz quadrada do número de vezes que a área será aumentada é igual à nova dimensão do lado do quadrado maior.

No movimento uniformemente variado a partir do repouso o deslocamento é proporcional ao quadrado do tempo. Para Galileu representar geometricamente o tempo e o deslocamento de um grave em queda natural, primeiro elegeu um único segmento de reta, AC (Figura IV-73), para representar a unidade de área (deslocamento) e de comprimento (tempo). Assim sendo, um deslocamento (área) duas vezes maior seria representado por um segmento de reta AB duas vezes maior que AC. O segmento AS, que representa o tempo em que ocorreu o deslocamento AB, terá seu comprimento determinado pela média geométrica dos deslocamentos (áreas) AC e AB:  $AS = \sqrt{AC \cdot AB}$ . Como o ímpeto é proporcional ao tempo, Galileu utiliza o mesmo segmento de reta que representa o tempo de queda de A até B para representar o ímpeto do móvel em B.

O valor da razão entre duas grandezas determina o número de vezes que a grandeza do numerador é maior que a do denominador, desde que ao medi-las façamos uso de uma mesma unidade de medida. Por exemplo, quando afirmamos que o cateto de um triângulo tem o dobro do comprimento do outro, a este mesmo resultado sempre chegaremos não importando se medimos ambos os catetos em centímetros ou polegadas. Quando na razão entre duas grandezas definimos o denominador como uma unidade de medida, o valor da razão é a medida da grandeza do numerador na unidade de medida que se definiu no denominador. Em resumo, medir é comparar uma grandeza com outra da mesma espécie que foi tomada como unidade. Então, antes que se possa medir, será necessário definir a unidade de medida.

Uma unidade para medir o ímpeto vertical foi definida por Galileu (Figura IV-74). Esta seria igual ao ímpeto de uma bola de chumbo de uma libra após uma queda natural perpendicular, partindo do repouso, de uma altura de uma

vara<sup>403, 404</sup>. Afirmou Galileu que esta queda tem uma duração de 4 segundos, um valor muito diferente do esperado, algo próximo de 0,7 segundo<sup>405</sup>. O nosso notável experimentador de fato não fez tal medida em segundos, mas a definiu como unidade de tempo para medir o tempo de queda natural vertical dos graves.



**Figura IV-74:** A definição que Galileu deu para a unidade de ímpeto.

Uma unidade para medir o ímpeto dos movimentos uniformes na direção horizontal também precisava ser definida. A melhor solução que Galileu encontrou foi servir-se do ímpeto vertical adquirido por um móvel em queda natural vertical a partir do repouso, o qual no limite inferior da queda converte o seu ímpeto vertical em horizontal. Assim sendo, a unidade de ímpeto seria a mesma tanto para as quedas naturais verticais como para os movimentos uniformes na horizontal. Para todo movimento uniforme, Galileu associou uma queda natural que iniciava a partir do repouso no *ponto sublime* e terminava após ter tido um deslocamento denominado *sublimidade*<sup>406</sup>, ao final do qual o ímpeto vertical era convertido no ímpeto horizontal. O ímpeto horizontal e o vertical eram representados geometricamente como catetos de um triângulo

<sup>403</sup> GALILEI, 1988, pp. 263-265.

<sup>404</sup> A vara era uma unidade de comprimento antiga que se utilizou no Império Romano e que tinha cerca de 3 metros de comprimento (2,96m).

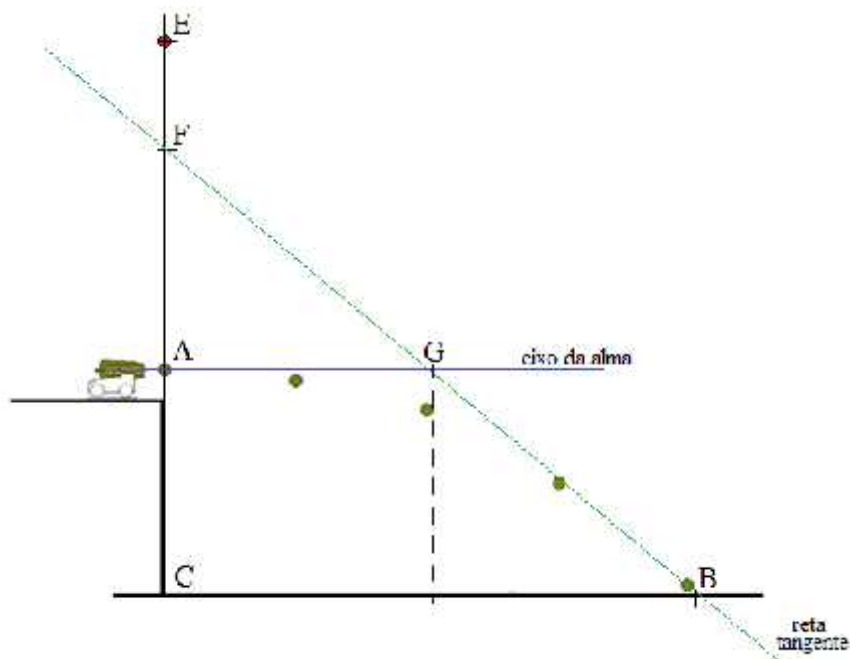
<sup>405</sup> GALILEI, 1988, p.264.

<sup>406</sup> Galileu informa que o conceito de *sublimidade* foi desenvolvido por Platão, que considerava que nenhum móvel poderia passar do repouso a qualquer grau determinado de velocidade, que se deve a seguir conservar uniformemente, a não ser que tenha passado por todos os outros graus menores de velocidade. Para Platão, a velocidade constante de todos os astros no céu foi obtida a partir do ponto sublime onde estavam em repouso. Galileu afirmou que seria possível utilizar este conceito para determinar as dimensões das órbitas dos astros celestes e os seus períodos, um cálculo que disse ter efetuado e que não quis publicá-lo porque as excessivas novidades de suas descobertas já lhe haviam causado ódio de tantos adversários e não desejava que ficassem ainda mais furiosos (GALILEI, 1988, pp.260-261).

retângulo cuja hipotenusa era o valor do ímpeto do projétil no ponto mais baixo da trajetória.

Os projéteis, aos quais Galileu se referiu na Quarta Jornada, poderiam ser as balas que os canhões lançavam contra as muralhas de uma fortaleza. A força produzida pelo impacto, que Galileu denominou *força de percussão*, seria máxima quando a direção da superfície contra a qual os projéteis colidiam era perpendicular à direção da tangente da trajetória no ponto da colisão<sup>407,408</sup>. Por esta razão, sempre seria importante que os artilheiros soubessem determinar no ponto do impacto o valor do ímpeto do projétil e a direção da reta tangente.

Para determinar a direção da tangente no ponto B da trajetória do projétil lançado do ponto A (Figura IV-75), Galileu utilizava como método considerar um ponto F acima de A, tal que  $AC=FA$ . A reta que passa pelos pontos B e F era a reta tangente à trajetória no ponto B.



**Figura IV-75:** Lançamento horizontal com sublimidade EA, altura AC e alcance CB.

<sup>407</sup>MIRACONDA, 1988.

<sup>408</sup>A força de percussão produzida nas colisões foi estudada por Galileu na *Sexta Jornada*. Os *Dircorsi* compõem-se originalmente de quatro jornadas (publicadas na edição de 1638), às quais acrescentaram postumamente outras duas jornadas incompletas (MARICONDA, 1988, p.30).

## IV.7 Tiros eficientes

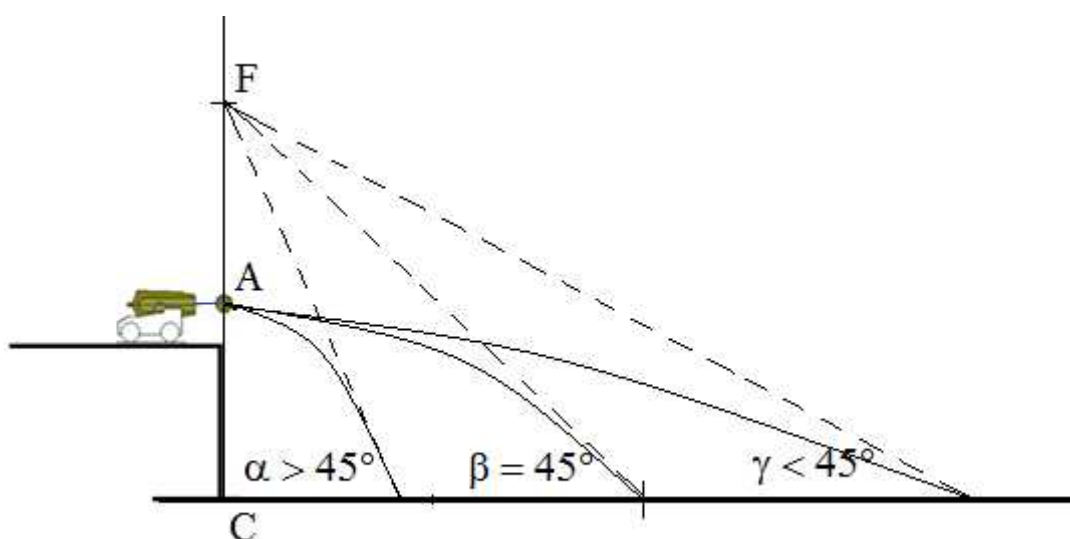
A pólvora era fundamental para as armas de fogo e não poderia ser desperdiçada. Assim sendo, não bastaria que os canhões fossem eficazes fazendo com que suas balas alcançassem seus alvos. Para bem servir ao rei, os artilheiros deveriam dar eficiência a armas, o que significaria dizer que os projéteis deveriam alcançar seus alvos com o menor consumo de pólvora possível. Neste sentido, evoluiu a teoria exposta por Galileu na Quarta Jornada.

### TEOREMA IV – PROPOSIÇÃO VII

Dentre os projéteis que descrevem semiparábolas de mesma amplitude, um ímpeto menor é requerido por aquele cuja trajetória tem amplitude [alcance] que é o dobro da altura, do que qualquer outro projétil.

Os alvos poderiam ser alcançados com lançamentos horizontais com menor consumo de pólvora se os canhões estivessem colocados a uma altura igual à metade do alcance pretendido. Neste caso, a direção da tangente à trajetória intercepta o solo com um ângulo de 45 graus (Figura IV-76).

O ângulo com que a reta tangente intercepta o plano horizontal pode ser maior, menor ou igual a 45 graus, conforme os alcances dos projéteis são respectivamente menor, maior ou igual ao dobro da altura (Figura IV-76).



**Figura IV-76:** A direção da tangente em relação ao plano horizontal.

Os lançamentos feitos com maior eficiência a partir do solo foi explicado por Galileu considerando primeiro o lançamento horizontal mais eficiente. Neste caso, revertido o sentido do movimento no ponto mais baixo da trajetória, o projétil seria lançado de baixo para cima descrevendo um arco de parábola que no ponto mais alto da ascensão, como se mantém constante o ímpeto horizontal, o movimento prossegue como em um lançamento horizontal de máxima eficiência. Em resumo, os lançamentos de projéteis feitos a partir do solo (ponto B da Figura IV-77), terão a máxima eficiência quando o morteiro que os lança o faz com o eixo da alma inclinado a 45 graus. Neste caso, se verifica ser a amplitude (alcance) máxima e igual ao quádruplo da altura da parábola (AD)<sup>409</sup>.

<sup>409</sup> Considere um projétil lançado com uma velocidade  $v_0$ , elevada de um ângulo  $\alpha$ , animado na horizontal com um movimento uniforme de velocidade  $v_0 \cos \alpha$ , e na vertical, de um movimento uniformemente variado, cuja velocidade inicial seria  $v_0 \sin \alpha$ . Na ausência de resistências ao movimento, como a oferecida pela atmosfera terrestre, o tempo de ascensão do projétil pode ser determinado. A componente vertical da velocidade,  $v_y$ , que varia uniformemente, será determinada através da equação  $v_y = v_{0y} - g \cdot t$ , onde:  $v_{0y} = v_0 \sin \alpha$ . A componente vertical da velocidade é nula no ponto mais alto da trajetória. Logo, sendo  $v_y = 0$  e a aceleração da gravidade  $g$ , teremos como valor do tempo ascensão do projétil:

$$t = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$$

Considerando o que foi proposto por Galileu, que no lançamento oblíquo há independência entre os movimentos vertical e horizontal, o alcance,  $A$ , será determinado pelo movimento horizontal que perdura enquanto o projétil estiver no ar. Quando o projétil retorna ao mesmo plano horizontal em que foi lançado, o tempo que o projétil permanece no ar será o dobro do tempo de subida, que determinamos anteriormente. Portanto, para o valor do alcance teremos:

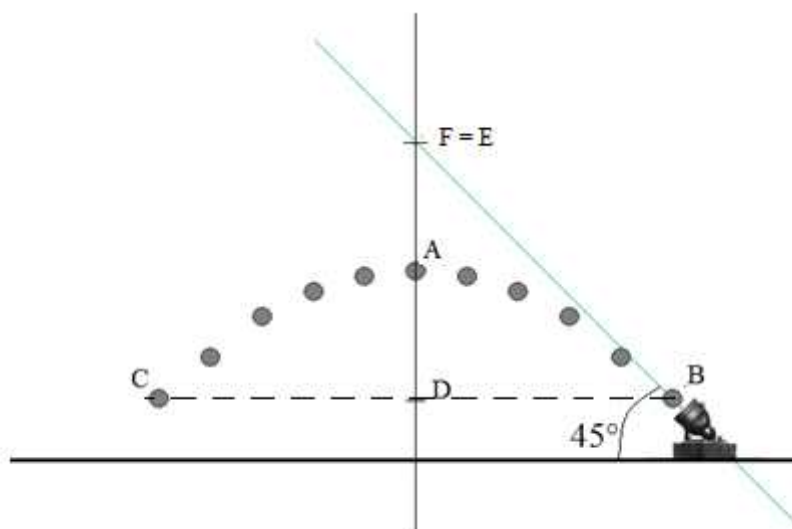
$$A = v_{0x} \cdot 2 \cdot (t_{subida})$$

$$A = v_0 \cos \alpha \cdot 2 \cdot \left( \frac{v_0 \sin \alpha}{g} \right)$$

$$A = \frac{v_0^2}{g} \cdot 2 \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha$$

$$A = \frac{v_0^2}{g} \cdot \sin(2\alpha)$$

O alcance será máximo quando  $\sin(2\alpha)$  tem o valor máximo, a unidade, que corresponde a  $2\alpha = 90$  graus. Logo, o alcance será máximo quando  $\alpha$ , o ângulo de elevação do tiro, for igual a 45 graus. Também se pode dizer que o alcance máximo é igual a  $\frac{v_0^2}{g}$ .



**Figura IV-77:** O morteiro que tem o eixo da sua alma inclinado a 45 graus lança projéteis com máxima eficiência. Neste caso, se obtém o máximo alcance com o menor consumo de pólvora.

#### Corolário do Teorema IV [Figura IV-77]

Do que parece, por conversão, que um ímpeto menor é requerido para lançar um projétil, a partir do ponto B [próximo do solo], pela semiparábola BA, do que o que seria necessário para lançá-lo por qualquer outra semiparábola com uma elevação maior ou menor que aquela da semiparábola AB representada pela tangente FB e cujo ângulo com a horizontal é de 45 graus. Nessas condições, é evidente que para projeções efetuadas com o mesmo ímpeto, a partir do ponto B, segundo diferentes elevações, o **alcance máximo**, ou seja, a maior amplitude **da semiparábola ou da parábola** [o grifo é meu] será aquela obtida com uma elevação de 45 graus. Todas as outras projeções, efetuadas em ângulos maiores ou menores, serão menores.<sup>410</sup>

Na época em que Galileu publicou os *Discorsi*, os bombeiros<sup>411</sup> não ignoravam que os projéteis lançados por um morteiro utilizando uma mesma carga de pólvora tinham alcance máximo quando o eixo da alma da peça de artilharia estava elevado a 45 graus, ou melhor, *no sexto ponto do esquadro*<sup>412</sup>. Trata-se de um fato empírico para o qual não saberiam dar explicação. No entanto, para Galileu, esse era um resultado previsível, considerando que tinha descoberto as leis que o determinavam. No entanto, a Natureza previsível de Galileu era uma idealização platônica. Na realidade, o movimento de um projétil seria imprevisível. Porém, sempre que este ocorria em condições próximas das

<sup>410</sup>GALILEI, 1988, p.274.

<sup>411</sup>*Bombeiros* são os artilheiros especializados no lançamento de bombas.

<sup>412</sup>GALILEI, 1988, p.274.

ideais, a teoria passava a fornecer resultados bem próximos da realidade. Esta atitude de não se imobilizar diante da complexidade da realidade e que ofereceu uma estratégia para que se pudesse estudar os movimentos dos graves próximos da superfície da Terra foi certamente uma das maiores contribuições de Galileu para a física experimental, mesmo que de fato não tenha feito parte dos experimentos que descreveu.

Um corpo deixado cair a partir do repouso de grande altura, ao longo de todo o percurso sofreria do ar a oposição ao seu movimento. Assim sendo, mesmo sem ter feito tal experimento, Galileu esperava que o ímpeto real com que este corpo colidia com o solo deveria ser menor do que o ímpeto teórico, que corresponderia a uma queda livre da ação do ar sobre o movimento.

**Não realizei tal experimento** [o grifo é meu], mas estou inclinado a acreditar que uma bala de arcabuz ou de artilharia, caindo de uma altura tão grande quanto se queira, não produzirá o mesmo impacto que faz numa muralha a uma distância de poucas braças, ou seja, a uma distância tão pequena que uma breve fenda ou abertura que se faz no ar não é suficiente para eliminar o excesso de violência sobrenatural que o fogo lhe conferiu.<sup>413</sup>

A oposição ao movimento oferecida pelo ar pouco a pouco deveria consumir o ímpeto dos projéteis. Porém, quando o valor inicial do ímpeto fosse muito grande, como aquele verificado nas balas lançadas pelos canhões, a perda ao longo da trajetória devido ao atrito com o ar poderia ser relativamente desprezível, e a trajetória desses projéteis deveria ser parabólica, como previa a teoria. Esta foi a conclusão a que chegaram diversos autores que escreveram textos sobre Artilharia até o século XVIII. No entanto, Galileu discordava desta conclusão, e impunha limitações ao seu modelo teórico:

Este enorme ímpeto produzido por tais tiros potentes [de arcabuz ou de artilharia] pode causar deformação na trajetória do projétil, fazendo o início da parábola menos inclinado e curvo que o final.<sup>414</sup>

Para Galileu, sua teoria não se aplicaria aos projéteis animados de grandes velocidades, para os quais as trajetórias não seriam arcos de parábolas. Apenas em meados do século XVIII este fato voltará a ser

---

<sup>413</sup>GALILEI, 1988, p.256.

<sup>414</sup>GALILEI, 1988, p.256.

denunciado por Benjamin Robins, considerado atualmente o criador da Balística Experimental, como veremos no próximo capítulo.

#### **IV.8 Um saber útil e necessário**

No século XVII, os artilheiros e bombeiros, homens práticos, eram avessos a longos e complicados cálculos. Para que o novo saber necessário para tornar mais eficiente as armas fosse útil, seria importante que da forma mais simples fosse possível chegar à solução dos problemas de Artilharia. A este fato Galileu não se mostrou insensível, e procurou oferecer uma segunda via para o uso da sua teoria, substituindo as longas demonstrações que apenas interessavam aos geômetras, pelo uso de tabelas e instrumentos que conduziriam ao resultado final com rapidez e poucos cálculos. No ano de 1597, Galileu, o teórico, iniciou uma parceria com Marc' Antonio Mazzoleni, um artesão ferramenteiro do Arsenal de Veneza. Um dos objetivos desta união, que durou dez anos, era procurar facilitar a solução dos problemas de Balística Externa, como os que correspondiam à medida do alcance, da altura, e do ângulo de elevação do eixo da alma de um canhão. Em sua época, para esses fins, os artilheiros faziam uso de volumosos e imprecisos instrumentos. Para o uso militar, e também para o uso civil em medidas topográficas, Galileu inventou o *Compasso Militar e Geométrico*, que foi confeccionado por Mazzoleni em bronze. O novo instrumento de medidas e cálculos passou a ser comercializado acompanhado com um manual redigido pelo próprio Galileu, que também oferecia cursos para ensinar o uso do Compasso cobrando a cada aluno 120 liras. O negócio muito prosperou, e o compasso passou a ser produzido no térreo da residência de Galileu, para onde foi viver Mazzoleni acompanhado da esposa e um filho. Além do direito à moradia, o artesão recebia apenas míseras seis coroas por ano. Em dez anos foram fabricados cerca de 100 compassos, que eram vendidos ao preço de 50 liras, o que correspondia a três vezes o preço do custo de produção<sup>415</sup>. Mais tarde, em

---

<sup>415</sup>RESTON, 1995, pp. 80-81.



1638, no texto dos *Discorsi*, Galileu fez uso de tabelas como uma forma de facilitar o uso da sua teoria pelos bombeiros, porque os morteiros com pouca carga de pólvora lançavam bombas que seguiam trajetórias parabólicas<sup>416</sup>. Assim sendo, aos bombeiros, mais do que aos artilheiros, a cinemática de Galileu era uma teoria adequada ao melhor uso de suas armas. Nesta época, a teoria permitiu ir mais longe e fazer novas afirmações ainda desconhecidas por aqueles que apenas possuíam um saber prático<sup>417</sup>.

#### TEOREMA V – PROPOSIÇÃO VIII

As amplitudes das parábolas [alcance] descritas pelos projéteis efetuados com o mesmo ímpeto e disparos segundo elevações menores ou maiores numa mesma quantidade que o ângulo de 45 graus são iguais entre si.

#### TEOREMA VI – PROPOSIÇÃO IX

As amplitudes [alcance] de duas parábolas são iguais quando suas alturas e suas sublimidades são inversamente proporcionais<sup>418</sup>.

#### TEOREMA VII – PROPOSIÇÃO X

O ímpeto ou momento de uma semiparábola qualquer é igual ao momento de um móvel que cai naturalmente pela perpendicular à linha horizontal, cujo comprimento é igual à soma [vetorial] da sublimidade [proporcional ao ímpeto horizontal] e da altura da semiparábola [proporcional ao ímpeto vertical].

As afirmações dos teoremas poderiam ser verificadas pelos bombeiros considerando os valores tabelados por Galileu. A Tabela IV-6(A) se aplicava aos tiros com mesmo ímpeto, o que corresponde a dizer uma mesma carga de pólvora. Neste caso, como podemos verificar na tabela, o alcance será máximo em lançamentos a 45 graus, e dois ângulos igualmente afastados de 45 graus, para mais ou para menos, produzirão um mesmo alcance. Na tabela, para o alcance máximo, foi atribuído o valor 10.000 porque Galileu utilizou nos seus cálculos uma tabela de tangente que atribuía este valor à tangente de 45

---

<sup>416</sup>GALILEI, 1988, p.256.

<sup>417</sup>A seguir, não serão feitas as análises das demonstrações geométricas dadas por Galileu aos teoremas porque fogem ao escopo da Tese.

<sup>418</sup>Neste caso, o produto das duas grandezas é constante.

graus<sup>419</sup>. Os dados fornecidos nas tabelas eram apenas valores de referência que o usuário poderia converter às suas necessidades.

Ainda se referindo aos tiros com uma mesma carga, na Tabela IV-6 (B) Galileu nos mostra que os arcos de parábola das trajetórias terão alturas cada vez maiores à medida que aumenta a inclinação do morteiro, e no tiro vertical será máximo o seu valor. A Tabela IV-7 se aplica aos tiros com mesmo alcance. Neste caso, as alturas e as sublimidades são grandezas inversamente proporcionais. O ímpeto com que é lançado um projétil é a hipotenusa do triângulo retângulo cujos catetos são a altura e a sublimidade, e este terá o valor mínimo na elevação de 45 graus.

---

<sup>419</sup>GALILEI, 1988, p. 280.

**Tabela IV-6:**A (Amplitude das semiparábolas com o mesmo ímpeto); B (Altura das semiparábolas descritas com o mesmo ímpeto).<sup>420</sup>

Tabela A		Tabela B	
GRAUS	GRAUS	GRAUS	GRAUS
45	10000	1	3
46	9994	44	46
47	9976	43	5346
48	9945	42	5523
49	9902	41	5698
50	9849	40	5868
51	9782	39	6038
52	9704	38	6207
53	9612	37	6379
54	9511	36	6546
55	9396	35	6710
56	9272	34	6873
57	9136	33	7033
58	8989	32	7190
59	8829	31	7348
60	8659	30	7502
61	8481	29	7649
62	8290	28	7796
63	8090	27	7939
64	7880	26	8078
65	7660	25	8214
66	7431	24	8346
67	7191	23	8474
68	6944	22	8597
69	6692	21	8715
70	6424	20	8830
71	6157	19	8940
72	5878	18	9045
73	5592	17	9144
74	5300	16	9240
75	5000	15	9330
76	4694	14	9415
77	4383	13	9493
78	4067	12	9567
79	3746	11	9636
80	3420	10	9698
81	3090	9	9755
82	2756	8	9806
83	2419	7	9851
84	2079	6	9890
85	1736	5	9924
86	1391	4	9951
87	1044	3	9972
88	696	2	9987
89	349	1	9996
		45	10000

<sup>420</sup>GALILEI, 1988, pp. 282-283.

**Tabela IV-7:** Tabela das alturas e sublimidades das parábolas, que têm amplitudes idênticas contadas em 10.000 partes e calculadas para cada grau de elevação.<sup>421</sup>

Grau	Altura	Sublimidade	Grau	Altura	Sublimidade
1	87	286533	46	5177	4828
2	175	142450	47	5363	4662
3	262	95802	48	5553	4502
4	349	71531	49	5752	4345
5	437	57142	50	5959	4196
6	525	47573	51	6174	4048
7	614	40716	52	6399	3906
8	702	35587	53	6635	3765
9	792	31565	54	6882	3632
10	881	28367	55	7141	3500
11	972	25729	56	7413	3372
12	1063	23518	57	7699	3247
13	1154	21701	58	8002	3123
14	1246	20056	59	8332	3004
15	1339	18663	60	8600	2887
16	1424	17405	61	9020	2771
17	1529	16355	62	9403	2658
18	1624	15399	63	9813	2547
19	1722	14522	64	10251	2438
20	1820	13736	65	10722	2331
21	1919	13024	66	11230	2226
22	2020	12376	67	11779	2122
23	2123	11778	68	12375	2020
24	2226	11230	69	13025	1919
25	2332	10722	70	13237	1819
26	2439	10253	71	14521	1721
27	2547	9814	72	15388	1624
28	2658	9404	73	16354	1528
29	2772	9020	74	17437	1433
30	2887	8659	75	18660	1339
31	3008	8336	76	20054	1246
32	3124	8001	77	21657	1154
33	3247	7699	78	23523	1062
34	3373	7413	79	25723	972
35	3501	7141	80	28356	881
36	3633	6882	81	31569	792
37	3768	6635	82	35577	702
38	3906	6395	83	40222	613
39	4049	6174	84	47572	525
40	4196	5959	85	57150	437
41	4346	5752	86	71503	349
42	4502	5553	87	95405	262
43	4662	5362	88	143181	174
44	4828	5177	89	286499	87
45	5000	5000	90	<i>Infinite</i>	

<sup>421</sup>GALILEI, 1988, p.285.

## IV.9 Conclusão

A modernização das nações através das armas torna evidente que existem dois tipos de saberes necessários: o que traz a atualização e conduz à modernidade da época, ao qual nos referiremos como o saber necessário para *pôr um rei de pé*; e o que conduz à vanguarda, uma nova modernidade, que consideraremos como o saber *necessário para manter um rei de pé*. O primeiro tipo de saber é obtido através do domínio das técnicas necessárias para fabricar as armas ou torná-las mais eficazes. Os artesãos, práticos e habilidosos, o militar, treinado e disciplinado, são necessários para o domínio deste saber. Porém, para o segundo tipo são necessários homens teóricos acostumados a trabalhar ao lado dos homens práticos, como foi Galileu, na Itália, e Pedro Nunes, em Portugal.

Ao prático artilheiro não interessava saber a razão de se obter o alcance máximo quando o lançamento se fazia a 45 graus. Para produzir tiros eficientes, lhe bastava o adestramento disciplinado. Mas, para Galileu, não bastava que um projétil alcançasse o seu alvo. Com um novo saber lhe foi possível explicar o que já se sabia sem explicação, que o tiro com elevação de 45 graus tinha o máximo alcance. E foi além. Como geômetra, determinou a trajetória dos projéteis e provou que o tiro com elevação de 45 graus era o mais eficiente, considerando que lançava o projétil no alvo com o menor consumo da preciosa pólvora. Em resumo, um rei poderia eventualmente contratar no exterior um exército moderno, formado por homens disciplinados, bem instruídos e adestrados, que possuíam o saber necessário para mantê-lo de pé, soberano no seu reino. No entanto, esses homens não lhe assegurariam uma posição de vanguarda diante dos demais reinos, porque não possuíam o saber necessário para mantê-lo de pé, um saber que não se poderia comprar porque nunca estaria à venda, um saber que precisava ser conquistado pelos sábios e que surgia do debate e confronto de ideias, uma nova atitude que fez surgir nas nações de vanguarda as primeiras academias de ciência e militar.

# CAPÍTULO V

## NOVOS PRINCÍPIOS DE ARTILHARIA

### V.1 Introdução

No século XVII, os reis na Europa, para fazer evoluir as armas e seus arsenais, passaram a precisar de homens dedicados aos estudos da matemática e da filosofia natural. Aos reinos não bastavam livros com os modernos saberes, eram necessários os leitores. Assim sendo, o aprendizado do latim e dos principais idiomas deveria ser incentivado. Mas não bastaria a um reino ter homens políglotas. De que adiantariam os homens que sabem falar, mas que nada têm a dizer? Para fazer evoluir as armas, em busca de uma nova modernidade, seria necessário ir à procura daqueles que, ao olharem para onde todos olham, conseguissem estabelecer um novo ponto de vista. No entanto, após encontrá-los, seria necessário mantê-los no reino, em contato uns com os outros, promover entre eles o debate das novas ideias. Assim fazendo, fariam surgir uma nova classe de homens teóricos acostumados a usar a ciência para dar solução aos novos problemas que surgiam nos arsenais.

### V.2 A reunião dos sábios

Em 1453, o canhão derrubou as muralhas da até então invencível Constantinopla, as quais a tantos cercos tinham resistido. Em resposta, na Itália, surgiu um novo tipo de arquitetura militar, o *Traço Italiano*, que deu às muralhas o formato de grandes estrelas que envolviam as fortalezas ou as cidades. As novas muralhas evitavam os *ângulos mortos*, regiões externas às muralhas que, por falta de acesso visual, poderiam ficar fora do alcance das

armas de fogo do sistema de defesa, assim como procuravam manter os inimigos afastados, a uma distância que tornava suas armas de fogo ineficientes. A nova arquitetura militar fez ressurgirem os cercos de longa duração. As guerras voltaram a ser longas, a se estenderem por anos ou até décadas.

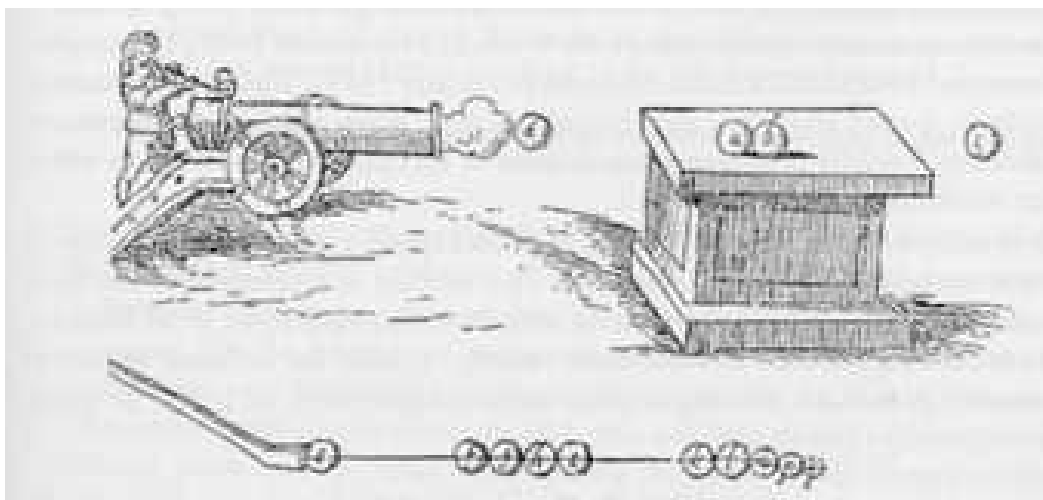
A Guerra dos Trinta Anos (1618-1648) teve como principal motivação conflitos religiosos e políticos ocorridos especialmente na Alemanha, nos quais rivalidades entre católicos e protestantes e assuntos constitucionais germânicos foram gradualmente transformados em uma luta européia que envolveu várias nações da Europa. A França iniciou sua participação no conflito mostrando não estar preparada para o novo tipo de guerra que utilizava armas de fogo e novas estratégias. No entanto, ao final da guerra, já era a nação que mostrava o melhor desempenho nas batalhas. Era o início da hegemonia e da soberba francesa na Europa e do declínio do poder dos Habsburgos. Nos exércitos, as armas de fogo se tornaram fundamentais e mostravam-se mais eficientes quando eram utilizadas por homens preparados em estudos de Artilharia que, por esta razão, passaram a ser ministrados no interior dos próprios Regimentos<sup>422</sup>. A França procurou manter, mesmo em tempo de paz, exércitos permanentes com milhares de soldados em substituição às tropas formadas por mercenários, que geralmente eram ineficazes e pouco confiáveis, como Maquiavel (1469-1527) afirmou em *A Arte da Guerra*<sup>423</sup>. A nova arte da guerra passou a ser feita com ciência. O estudo da Balística passou a ser incentivado pelos reis como uma forma de melhorar a eficiência das armas na artilharia. Os projéteis lançados pelas armas não deveriam apenas alcançar os alvos, mas fazê-lo com a maior eficiência possível. O consumo de pólvora deveria ser minimizado, e os impactos das balas contra os alvos deveriam produzir o máximo efeito. O estudo sobre as leis que regiam os impactos produzidos nas colisões precisavam ser estudadas. Em Praga, Marcus Marci (1595-1667) fez estudos sobre as colisões onde analisou a transferência de *momentum* entre os corpos que colidiam

---

<sup>422</sup>No século XVIII, serão criadas as Academias Militares, como locais próprios para o ensino e a formação de oficiais dos exércitos permanentes. No entanto, antes da criação dessas academias, o ensino militar já era praticado no interior dos Regimentos através das Aulas Regimentais.

<sup>423</sup>MAQUIAVEL, 2010, p.44.

(Figura V-78), aos quais Galileu tentou, sem sucesso, dar prosseguimento na *Sexta Jornada dos Discorsi*, quando estudou as *forças de percussão*<sup>424</sup>.



**Figura V-78:** *De Proportione Motus* (Marcus Marci)<sup>425</sup>.

Em 28 de fevereiro de 1660, foi criada em Londres a *Royal Society* ou *The Royal Society of London for the Improvement of Natural Knowledge* (Real Sociedade de Londres para o Progresso do Conhecimento da Natureza), uma instituição destinada à promoção do conhecimento científico. Em 1668, esta academia de ciência propõe aos seus membros a pesquisa e o debate sobre as leis do impacto. No mesmo ano, em 26 de novembro, um estudo sobre as colisões inelásticas unidimensionais, que são aquelas que os corpos que colidem permanecem unidos após a colisão, foi apresentado por John Wallis. Antes do final do ano, em 17 de dezembro, Christopher Wren, um dos fundadores da *Royal Society*, apresentou um trabalho sobre colisões elásticas que foi sucedido pelo trabalho de Christian Huygens, apresentado em 4 de janeiro de 1669<sup>426</sup>.

John Wallis identificou o *momentum* como o produto da massa,  $m$ , pela velocidade,  $v$ . Para ele, o produto das duas grandezas determinaria a força de percussão. Em 1671, no tratado *Mechanica, sive de Motu* (Mecânica, ou o movimento), Wallis publicou o trabalho que já tinha apresentado anteriormente à Royal Society, no qual utilizou a conservação do *momentum* para estudar

<sup>424</sup>JOHNSON, 2001, p. 54.

<sup>425</sup>JOHNSON, 2001, p. 55.

<sup>426</sup>JOHNSON, 2001, p. 56.



uma colisão inelástica entre duas massas,  $m'$  e  $m''$ , que antes da colisão se movimentavam na mesma direção com velocidades  $v'$  e  $v''$ , respectivamente e, após a colisão, seguiam unidas com uma só velocidade,  $u$ , tal que<sup>427</sup>:

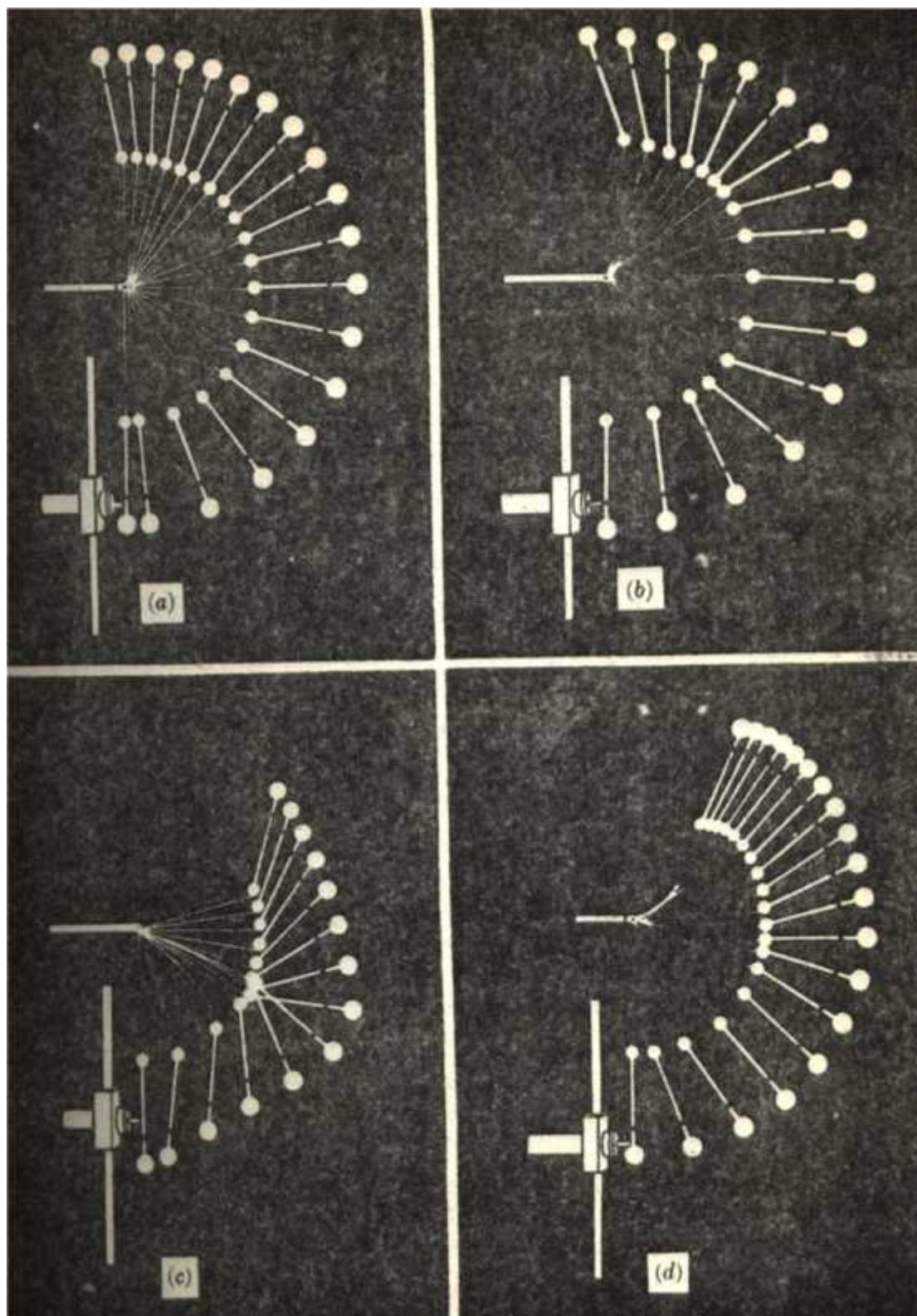
$$u = \frac{m'v' + m''v''}{m' + m''}$$

Ao observar o movimento dos pêndulos, Wallis fez outra importante observação. Ao retirar um pêndulo do repouso utilizando-se de impactos aplicados em diferentes locais do corpo pendente, percebeu que existia no corpo um ponto especial que denominou centro de percussão. O impacto aplicado neste ponto provocava apenas uma rotação simples do pêndulo em torno do seu eixo, o que não se verificava quando o golpeava em outros pontos. Para melhor ilustrar o fato, Francis Weston Sears apresentou, através de uma série de fotos estroboscópicas<sup>428</sup> (Figura V-79), os diferentes movimentos de um pêndulo causados por um mesmo impacto horizontal. Para melhor localizar a posição onde se aplicou o impacto, o centro de gravidade foi marcado por uma braçadeira negra. Em (a) o corpo sofre o impacto no centro de percussão relativo a um ponto de suspensão na extremidade superior do fio e começa a girar suavemente em relação a esse ponto. Em (b) o corpo sofre o impacto no centro de gravidade. Agora o corpo não começa a girar em torno do ponto de suspensão; ao contrário, seu movimento inicial é de translação simples. Em (c) o impacto ocorre acima do centro de percussão, e em (d), abaixo. Como se pode notar, o centro de percussão não coincide com o centro de gravidade.

---

<sup>427</sup>JOHNSON, 2001, p. 56.

<sup>428</sup>SEARS, 1953, p.350.



**Figura V-79:** Centro de Percussão. (SEARS, Francis Weston. *Física: Mecânica; Acústica; Calor*. Ao Livro Técnico, Rio de Janeiro, 1953, p.349).

Em 1666, Luís XIV patrocinou a criação de uma academia de ciência na França (*Académie des Sciences*) por sugestão do ministro Jean-Baptiste Colbert, que certamente observava atentamente o que ocorria na Inglaterra.

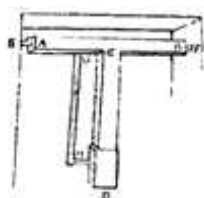
Nas duas nações, as academias de ciências se destinavam a promover a investigação científica, e se mantiveram na vanguarda até o século XVIII. A academia francesa e a inglesa foram iniciadas de uma mesma forma, através de reuniões informais de homens que se dedicavam ao estudo da ciência, uma iniciativa que na França tinha um grande promotor, o jesuíta Marin Mersenne que, no Convento da Anunciação, em Paris, reunia-se em sua cela com diversos sábios franceses, como Descartes e Pascal, e mantinha correspondência por carta com diversos outros da Europa.<sup>429</sup>

No século XVII, os membros das academias não se reuniam apenas para satisfazer a curiosidade intelectual, mas principalmente para dar respostas às questões que surgiam das necessidades práticas da época. Assim sendo, os reis procuravam convidar sábios para viverem no seu reino. Em 1669, Luís XIV agiu para obter do papa e do Senado de Bolonha a permissão para que o grande matemático e astrônomo Giovanni Domenico Cassini (1625-1712) fosse para Paris trabalhar no Observatório Astronômico, que estava terminando de ser construído. Na época, as observações astronômicas eram importantes para dar apoio às grandes navegações. Em 1670, o observatório de Paris foi inaugurado. A Inglaterra, no entanto, não ficou para trás. Em 1675, inaugura o seu observatório astronômico, *Royal Greenwich Observatory* (Observatório Real de Greenwich). Nesses observatórios trabalharam importantes astrônomos. Em *Greenwich*, os dois primeiros detentores do título de Astrônomo Real da Inglaterra foram John Flamsteed (1646-1719) e Edmond Halley (1656-1752). Da mesma forma, na França, em 1671, Giovanni Domenico Cassini se tornou o primeiro Astrônomo Real da França e em 1673 se naturalizou francês. Na França, Cassini casou-se e teve dois filhos. O mais velho morreu em combate na guerra, e o mais novo, Jacques, que nasceu em 1677, aos 17 anos já era admitido na Academia de Ciência francesa. Jacques Cassini se tornou rapidamente um importante pesquisador na Europa, onde passou a ser reconhecido pelos demais sábios como Cassini II. Em 1696, foi eleito membro (Fellow) da Royal Society. Na Europa, as famílias Cassini e Bernoulli ficaram famosas pelo grande número de membros dedicados aos estudos da matemática e das ciências.

---

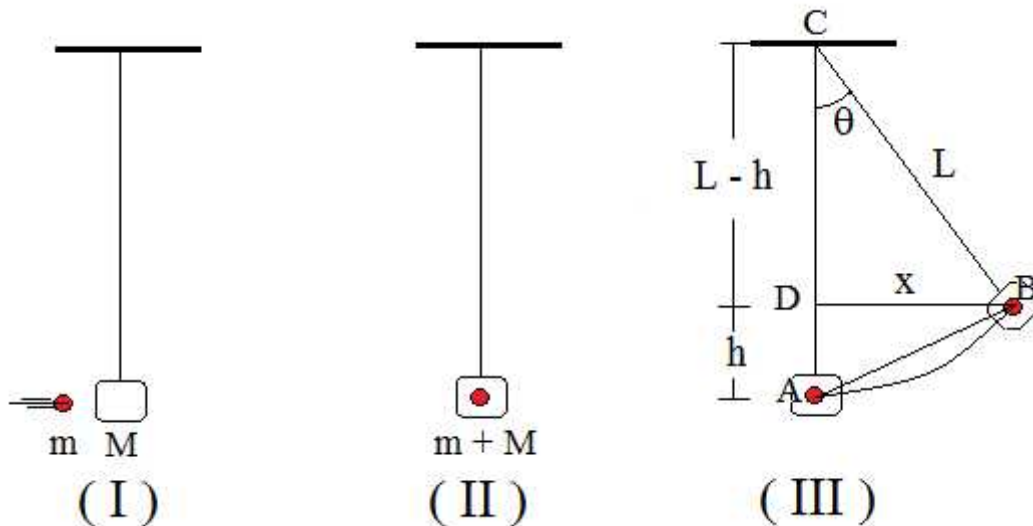
<sup>429</sup>RONAN, 1987, pp.108-110.

Em 1707, Jacques Cassini fez a leitura diante dos membros da academia de ciência francesa (*Académie des Sciences*) do seu estudo manuscrito intitulado *Expériences Sur L'effort Des balles tirées avec um fusil charge em différentes manières* (Experimentos sobre os esforços realizados por balas disparadas por pistolas carregadas de diferentes maneiras), o qual se encontra transcrito na Ata da reunião (*Procès-verbaux*), páginas 42 e 43. Para fazer medidas, Cassini utilizou uma máquina e a descreveu no manuscrito (Figura V-80). A máquina descrita era um pêndulo sobre o qual lançava um projétil, disparado por uma pistola, para que se fixasse na massa pendente retirando-a do repouso com o impacto provocado pela colisão.



**Figura V-80:** Imagem da máquina (pêndulo) utilizada por Jacques Cassini para fazer medidas das velocidades de projéteis lançados por pistolas, a qual foi descrita no manuscrito *Expériences Sur L'effort Des balles tirées avec um fusil chargé en différentes manières*, lido pelo próprio autor na reunião dos membros da *Académie des Sciences*, em 9 de fevereiro de 1707. In: JOHNSON, W. *Collected Works on Benjamin Robins & Charles Hutton*. Phoenix Publishing House PVT Ltda, Índia, 2001, pp. 74-75).

Um corpo que pende preso a um eixo localizado acima do seu centro de gravidade se mantém no repouso em equilíbrio estável, isto é, sempre que abandonado fora desta posição, iniciará um movimento oscilatório em torno da posição de equilíbrio, como se estivesse em busca da estabilidade perdida. Como nos ensinou Galileu, o pêndulo real pode ser idealizado como um corpo de massa  $M$ , com dimensões desprezíveis, que pende preso por uma linha de comprimento  $L$  de massa desprezível.



**Figura V-81:** (I) Pêndulo simples de massa  $M$ , em repouso na posição de equilíbrio estável, será golpeado pelo impacto de um projétil de massa  $m$ , que se movimenta na sua direção com velocidade  $v$ , desconhecida. (II) Imediatamente após a colisão inelástica do projétil com o pêndulo, ambos ficam unidos formando uma só massa,  $M+m$ . (III) A colisão do projétil com o pêndulo produz o máximo afastamento do pêndulo da posição de equilíbrio, onde as massas estarão por um instante em repouso.

Um projétil de massa  $m$  lançado com velocidade  $v$  contra um pêndulo ideal em repouso, de massa  $M$ , após uma colisão inelástica com este, modifica a massa pendente no pêndulo, que se torna  $(m+M)$  (Figura V-81, I e II). Após a colisão, a massa  $(M+m)$  passará a se movimentar com velocidade  $u$ , cujo valor John Wallis determinou considerando a conservação do *momentum* (momento linear):

$$u = \frac{m}{(m+M)} \cdot v \quad (I)$$

As massas unidas após a colisão inelástica voltarão a ficar em repouso na posição de máximo afastamento da posição de equilíbrio do pêndulo, a uma altura  $h$  (Figura V-81, III) e voltarão a ter no ponto mais baixo da trajetória, como toda queda natural, uma velocidade  $u$ , tal que:

$$u = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \quad (II)$$

A geometria da Figura V-81 (III) nos permite afirmar, considerando o Teorema de Pitágoras, e o aplicando aos triângulos  $ABC$  e  $ABD$ :

$$L^2 = x^2 + (L-h)^2 \quad (III)$$

$$AB^2 = x^2 + h^2 \quad (IV)$$

Ao substituir (IV) em (III):

$$2Lh = AB^2 \quad (V)$$

De (II) em (V):

$$u = AB \cdot \sqrt{\frac{g}{L}} \quad (VI)$$

Finalmente, de (VI) em (I):

$$v = AB \cdot \left(1 + \frac{M}{m}\right) \cdot \sqrt{\frac{g}{L}} \quad (VII)$$

O pêndulo simples descreve um movimento periódico de vai-e-vem, retornando a mesma posição de repouso em intervalos de tempo iguais, T:

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{L}{g}} \quad (VIII)$$

Ao substituir VIII em VII:

$$v = \frac{2\pi \cdot AB}{T} \cdot \left(1 + \frac{M}{m}\right)$$

Em resumo, com a medida da massa do pêndulo, M, e do projétil, m, do período de oscilação do pêndulo, T, e da corda do arco de circunferência de raio L, todas as medidas de fácil realização, será possível determinar a velocidade, v, do projétil que colidiu contra o pêndulo. O pêndulo simples é uma idealização, mas o Pêndulo Balístico que foi utilizado por Cassini é mais complexo.

A inércia é a propriedade da matéria de reagir a qualquer mudança na sua velocidade, linear ou angular, mesmo quando esta é nula. Na translação, a inércia é determinada pelo valor da massa, m. Mas, na rotação, a inércia depende de como a massa está distribuída ao redor do eixo de rotação. Por exemplo, uma pessoa que gira sobre patins, com uma massa de 1kg em cada uma das mãos, será mais difícil de ser posta em repouso por alguém que a agarre quanto mais as massas de 1 kg estiverem afastadas do eixo de rotação.

Uma partícula de massa  $m$ , a uma distância  $r$  do eixo de rotação, terá um momento de inércia,  $I$ , igual ao produto de  $m$  por  $r^2$  ( $I = m.r^2$ ). Assim sendo, o Pêndulo Balístico pode ser imaginado como sendo formado por uma grande quantidade de partículas, onde cada uma tem o seu próprio momento de inércia. O momento de inércia do pêndulo será igual ao somatório do momento de inércia dessa infinidade de partículas. Neste caso, o período do pêndulo de massa  $M$  contra o qual colidiu no seu ponto de percussão o projétil de massa  $m$ , a uma distância  $L$  do eixo de rotação, será<sup>430</sup>:

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{I}{(M + m).g.L}}$$

No manuscrito de Jacques Cassini, o projétil com velocidade  $v$ , que colide contra o Pêndulo Balístico em um ponto localizado a uma distância  $r$  do eixo de rotação do pêndulo, tem a sua velocidade determinada por<sup>431</sup>:

$$v = \frac{2 \cdot \text{sen} \frac{\theta}{2}}{m.r} \cdot \sqrt{g \cdot (1 + m.r^2) \cdot M.L}$$

O Pêndulo Balístico, criado por Cassini, em poucas décadas se transformou num importante instrumento de medida responsável pelo surgimento de uma nova ciência, criada pelo inglês Benjamin Robins (1707-1751) em 1741, a Balística Experimental<sup>432</sup>.

Benjamin Robins nasceu na Inglaterra, em Bath. Pouco se sabe da sua infância e juventude. Como filho de alfaiate, dificilmente teria tido condições de freqüentar boas escolas. Mas, como autodidata, se fez professor de matemática em sua cidade natal. Nesta época, enviou uma carta para um fidalgo que vivia em Londres, Dr. Pemberton, um médico, escritor e cientista, reconhecido como divulgador da ciência newtoniana. Em sua carta, Robins dissertou sobre vários temas da matemática, esperando obter de Pemberton uma apreciação sobre suas habilidades. Em resposta, recebeu vários

<sup>430</sup>JHONSON, 2001, p. 61.

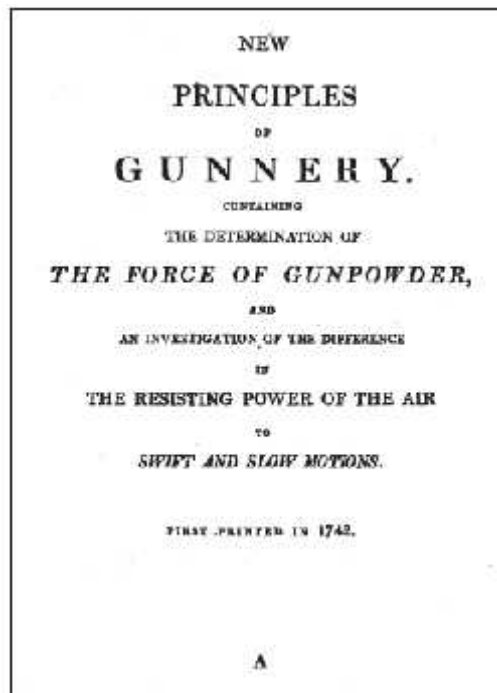
<sup>431</sup>As complexas equações do estudo da dinâmica dos corpos rígidos nos mostram que no início do século XVIII a mecânica já era uma área da Física que tinha alcançado um grande desenvolvimento.

<sup>432</sup>JHONSON, 2001, p. 63.

problemas de matemática, aos quais, como tarefa desafiante, deveria dar uma elegante solução fazendo uso apenas da geometria e evitando o uso da álgebra. Ao desafio que lhe foi imposto, Robins soube rapidamente entender a sua razão. Não se sabe se foi fruto da resposta dada ao desafio, mas logo seguiu para Londres, onde se estabeleceu como professor de matemática e deu início ao estudo das línguas modernas, o que lhe possibilitaria ler os trabalhos de Apolônio, Arquimedes, Fermat, Huygens, De Wit, Slusius, James Gregory, Dr. Barrow, Sir Isaac Newton, Dr. Taylor e Cotes. Como autodidata, sem receber qualquer assistência, estudou todos esses textos, o que lhe deu uma poderosa capacidade de obter demonstrações matemáticas. Com apenas vinte anos, propôs uma nova demonstração para a última proposição do Tratado da Quadratura de Isaac Newton, que considerava mais elegante. Não muito tempo depois, outro acontecimento foi fundamental para o seu público reconhecimento. A *Academia de Ciência* da França propôs um prêmio para quem melhor demonstrasse as leis do movimento entre corpos que colidiam. John Bernoulli, que na época gozava de grande prestígio, participou do concurso. No entanto, ao ver a sua Dissertação não vencedora, apelou a Leibnitz e outros sábios da Europa para que fizessem uma apreciação sobre o seu trabalho. Benjamin Robins se intrometeu na polêmica publicando no jornal *Republic of Letter* um trabalho no qual demonstrava a insuficiência dos argumentos que foram apresentados em defesa de Bernoulli. Uma ousada atitude que o colocou em evidência e lhe obrigou, a partir de então, a se manter estudando de forma aprofundada e experimentalmente as colisões. Com o grande conhecimento acumulado, apesar de não ser militar, candidatou-se ao cargo de professor de fortificações na *Royal Military Academy* (Real Academia Militar), em Woolwich. No entanto, o cargo foi concedido a Mr. Muller, que o acusou de ter se apropriado dos seus estudos. Em resposta a terrível acusação, Robins distribuiu algumas cópias manuscritas de parte dos seus estudos e, mais tarde, em 1742, acabou por publicar *The New Principles of Gunnery* (Os Novos Princípios de Artilharia) (Figura V-82). A obra de Robins, inédita, fez nascer um novo ramo da ciência, a Balística Experimental. Em 1749, em reconhecimento a sua grande competência, foi nomeado Engenheiro Geral a serviço da Companhia das Índias Orientais, um cargo militar que deveria exercer na Índia durante cinco anos. Mas, infelizmente, adoeceu e



faleceu com apenas dois anos de serviço militar, acometido por uma doença grave<sup>433</sup>.



**Figura V-82:** Frontispício de *New Principles of Gunnery*. (ROBINS, Benjamin (1707-1751). *New Principles of Gunnery*. Edição de 1742; Nova edição corrigida e ampliada com a edição de várias notas por Charles Hutton; Editora F. Wingrave, Londres, 1805. Fonte: [HTTP://books.google.com/](http://books.google.com/)).

### V.3 A Determinação da Força da Pólvora

A queima da pólvora no interior da câmara de uma peça de artilharia faz surgir um grande volume de gases comprimido no pequeno espaço ali existente, que ao se expandir empurra a bala como se fosse um êmbolo. Com que força os gases aceleram o projétil? Esta foi a pergunta que Robins procurava responder quando fez seus estudos publicados no primeiro capítulo de *New Principles of Gunnery*.

A cor é um bom indicador de temperatura, que sempre foi utilizado pelos artesãos ferreiros em suas forjas. A cor da luz emitida na reação explosiva da pólvora é semelhante à do ferro aquecido ao rubro, ou quase branco, logo, ambos devem estar na mesma temperatura. Esta foi a estratégia experimental

<sup>433</sup>WILSON, 1805, pp. V-XLVI.

de Robins para avaliar a temperatura inicial dos gases formados pela queima da pólvora. No interior do cano, os gases se expandiam e esfriavam até ter finalmente a temperatura ambiente, dois efeitos distintos e concomitantes que alterariam o que Robins considerava ser a *elasticidade*<sup>434</sup> do fluido gasoso. Os gases se comportariam como um fluido elástico que modificava a sua *elasticidade* sempre que modificava o seu volume. Assim sendo, sempre seria necessário medir a variação do volume do fluido para avaliar a variação da elasticidade. Mas como seria possível medir tal variação de volume? A estratégia de Robins foi: primeiro saber que alteração de volume seria necessária para que o gás, inicialmente muito quente, esfriasse até a temperatura ambiente em uma expansão isobárica; a seguir, procurou determinar a variação do volume do fluido durante a sua expansão no interior do cano da arma, considerando que, após a expansão, a *elasticidade* [pressão] do fluido se igualaria à *do ar* na atmosfera.

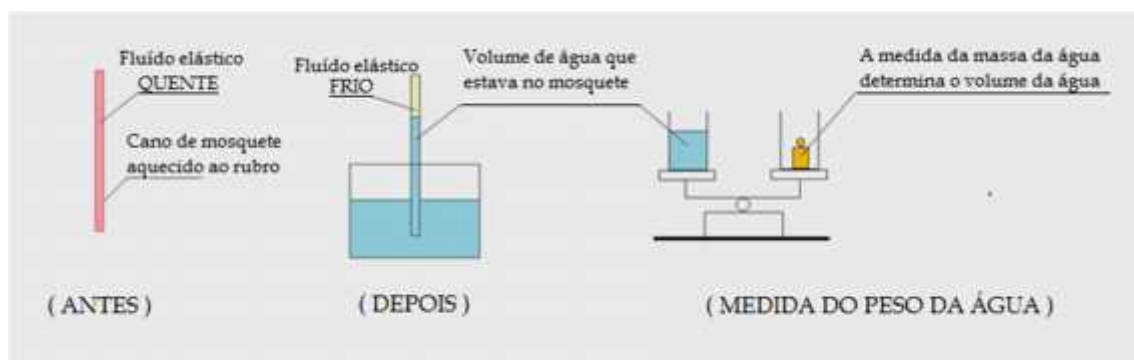
Para fazer a primeira medida, Robins desenvolveu uma estratégia experimental utilizando um cano de um mosquete de seis polegadas de comprimento do qual vedou uma das extremidades e modificou a outra, estreitando-a para que pudesse fechá-la com a ponta de um dedo. Inicialmente, o cano foi aquecido em uma forja até que a sua cor se tornasse semelhante à da luz emitida durante a queima da pólvora, o que fez com que o ar contido no seu interior ficasse igualmente aquecido e assim estivesse, na opinião de Robins, com a mesma elasticidade inicial do fluido liberado durante a queima da pólvora. Com o cano aquecido, submergiu-o na água de um reservatório mantendo-o na vertical com a extremidade aberta para baixo até que, finalmente, a temperatura se igualasse à temperatura da água. Durante o esfriamento, o ar no interior do cano se contraiu, e uma pequena parte da água do reservatório passou a ocupar o espaço que antes era ocupado pelo ar quente. Finalmente, com um dos dedos vedando a saída do cano frio, este era retirado do interior da água onde estava submerso e transportado para onde existia uma balança, onde a água contida no interior era recolhida para medir sua massa. Como um grama de água ocupa um centímetro cúbico, a medida

---

<sup>434</sup>O que Robins considera *elasticidade* do gás, nós poderíamos considerar a pressão exercida pelo gás ou a força por ele exercida por unidade de área.

da massa da água permite a medida da variação do volume de ar devido à variação de temperatura (Figura V-83). A medida da massa de água que preenchia integralmente o volume interno do cano também permite que se determine o valor deste volume.

Para Robins, a variação do volume era inversamente proporcional a variação da *elasticidade* (pressão) do ar. Como o volume do ar quente estava para o volume do ar frio, assim como 796 está para  $194\frac{1}{3}$ , a *elasticidade* do fluido aumentou de 4,1 vezes quando foi aquecido da temperatura ambiente até a temperatura do ferro aquecido ao rubro. Por hipótese, Robins considerou o fluido elástico liberado na queima da pólvora semelhante ao ar.



**Figura V-83:** Experiência de Benjamin Robins para determinar a variação do volume do fluido elástico produzido na queima da pólvora.

Para fazer a segunda medida, que determina a variação do volume do fluido elástico dentro do cano, primeiro considerou que os gases produzidos na queima da pólvora inicialmente estavam ocupando o mesmo volume que era ocupado pela pólvora e, finalmente, após a expansão, estariam ocupando integralmente o volume interno do cano. A pólvora que foi utilizada por Robins era a mesma que se utilizava nas armas do exército na Inglaterra, o que lhe permitiu afirmar que uma onça<sup>435</sup> de pólvora ocupava o volume de  $\frac{32}{7}$  polegadas cúbicas, um volume 244 vezes menor que o volume interno do cano do mosquete, o qual corresponderia ao volume final do fluido elástico após a expansão. Portanto, como considerava que a variação do volume do gás era inversamente proporcional à variação da elasticidade, a simples expansão do gás no interior do cano provocaria redução da *elasticidade* de 244 vezes. Logo,

<sup>435</sup> 1oz = 28,3125g (Anexo VII).

no instante inicial, que correspondia ao momento em que a pólvora se transformou integralmente em fluido elástico, mas ainda não se expandiu, o fluido elástico teria uma *elasticidade* 244 vezes maior que a *elasticidade* do ar.

Hence, then, we are certain, that any quantity of power fire in any confined space, which it adequately fills, exerts, at the instant of its explosion, against the sides of the vessel containing it, and the bodies it impels before it, a force at least 244 times greater than the elasticity of common air [...]<sup>436,437</sup>.

Em resumo, inicialmente o fluido elástico estará tão quente quanto o ferro aquecido ao rubro e ocupará o mesmo volume que antes era ocupado pela pólvora. Mas, ao final da expansão, quando ocupa todo o volume interno da arma, o fluido deverá ter a temperatura e a elasticidade do ar no ambiente. Como a redução da temperatura reduz a sua *elasticidade* de 4,1 vezes, e a variação do volume de 244 vezes, e ocorrem concomitantemente, concluiu Robins que a *elasticidade* do fluido durante a expansão seria reduzida de 1000,4 vezes (244 x 4,1). Da mesma forma, fazendo o raciocínio inverso, a pressão que o fluido exercerá nas paredes do vaso que o contém, no instante da explosão, será praticamente 1000 vezes maior que a pressão atmosférica, o que corresponde a uma força de 6 toneladas por polegada quadrada<sup>438</sup>.

[...] before it has dilated itself, is nearly one thousand times greater than the pressure of the atmosphere; and consequently the quantity of this force on a surface of an inch square, amounts to above 6 ton weight; [...]<sup>439,440,441</sup>.

<sup>436</sup>ROBINS, 1805, p.70.

<sup>437</sup>Como uma tradução livre do conteúdo do texto: “Portanto, nós estamos certos de que qualquer quantidade de pólvora confinada em um espaço que o preenche totalmente, no instante da sua explosão exercerá contra as paredes do vaso que a contém, e nos corpos impelidos [pelos gases], uma força [pressão] no mínimo 244 vezes maior que a *elasticidade* [pressão] do ar comum”.

<sup>438</sup> $1000\text{atm} = 1000 \cdot 10^5 \frac{\text{t}}{\text{m}^2} = 10^8 \frac{\text{t}}{\text{m}^2} = 10^7 \frac{\text{kgf}}{10^2 \cdot \text{cm}^2} = 10^4 \frac{\text{ton}}{\left(\frac{100}{25} \text{po}\right)^2} = 6,25 \frac{\text{ton}}{\text{po}^2}$

<sup>439</sup>ROBINS, 1805, p.73.

<sup>440</sup>O que inicialmente, de forma confusa, Robins denomina *elasticidade* e força, agora é considerado força por unidade de área (pressão).

<sup>441</sup>Como uma tradução livre do conteúdo do texto: “antes desse [o fluido] ter dilatado, a pressão será aproximadamente mil vezes maior que a pressão atmosférica; conseqüentemente a força que exercerá sobre uma superfície de uma polegada quadrada se eleva até seis toneladas força [que equivale ao peso de uma massa de seis mil quilogramas]”.

Com este resultado em mãos, Robins pretendia determinar a velocidade com que a bala é lançada após percorrer o comprimento da alma do cano do mosquete. A aceleração seria proporcional à intensidade da resultante das forças externas que atuam sobre o projétil. Mas como seria possível calcular esta resultante? Como hipótese simplificadora, considerou que a força exercida pelo fluido elástico sobre o projétil seria muito maior que qualquer outra força de resistência ao movimento que pudesse existir no interior do cano durante o movimento da bala. Portanto, o seu valor poderia ser considerado praticamente igual ao valor da força resultante. Como uma segunda hipótese simplificadora, considerou que durante a expansão do fluido elástico, a pressão exercida pelos gases seria inversamente proporcional ao seu volume, o que apenas seria correto se a expansão fosse isotérmica<sup>442</sup>. A expansão isotérmica dos fluidos elásticos foi estudada por Robert Boyle (1627-1691) em suas experiências apoiadas pelo habilidoso mecânico relojoeiro Robert Hooke na recém formada Royal Society<sup>443</sup>. Na expansão isotérmica, o produto do valor da pressão pelo volume do gás é constante durante toda a expansão<sup>444</sup>. Neste caso, o gráfico da pressão versus o volume ocupado pelo gás é uma hipérbole equilátera. No interior do mosquete, a expansão do fluido elástico é contida pelo projétil, o qual, como um êmbolo, será empurrado com movimento acelerado<sup>445</sup>. Como a área do projétil,  $A$ , através da qual o gás empurra o projétil é constante<sup>446</sup>, a

---

<sup>442</sup>A hipótese de que a pressão é inversamente proporcional ao volume apenas seria verdadeira na expansão isotérmica. Na expansão dos gases produzidos pela queima da pólvora, a variação do volume é acompanhada de uma variação da temperatura. Nas explosões, a expansão se dá com muita rapidez, não havendo tempo para a troca de calor, o que caracteriza uma expansão adiabática, na qual ocorre uma diminuição da temperatura produzida pela própria expansão. Mas tudo isto é Termodinâmica, uma teoria inexistente na época de Robins. Diante da complexidade da realidade, ao considerar a expansão isotérmica, estava fazendo de fato uma *aproximação* da solução correta, e não se imobilizou diante da complexidade da realidade, o que certamente contribuiu para que pudesse ser considerado o criador da Balística Experimental.

<sup>443</sup>Edme Mariotte (1620-1684), membro ativo da Academia de Ciência na França, desde a sua fundação em 1666, também estudou a Lei de Compressibilidade dos gases na mesma época em que Robert Boyle e Robert Hooke a estudavam na recém formada Royal Society. Como chegaram de forma independente ao mesmo resultando, a Lei passou a ser reconhecida como Lei de Boyle-Mariotte (p.V=constante).

<sup>444</sup>Dois variáveis,  $x$  e  $y$ , são consideradas inversamente proporcionais quando o seu produto é constante ( $y.x=constante$ ).

<sup>445</sup>As peças de artilharia são máquinas térmicas que transformam energia térmica em energia mecânica.

<sup>446</sup>Esta área pode ser considerada a área da seção transversal do projétil esférico:  $A = \pi.R^2$ , onde  $R$  é o raio da esfera.

força,  $F$ , devido à pressão do fluido, é diretamente proporcional à pressão<sup>447</sup>, de onde se concluiu que também será uma hipérbole o gráfico que descreve a variação da força exercida pelo fluido elástico sobre a bala ao longo da extensão da alma (Figura V-84).

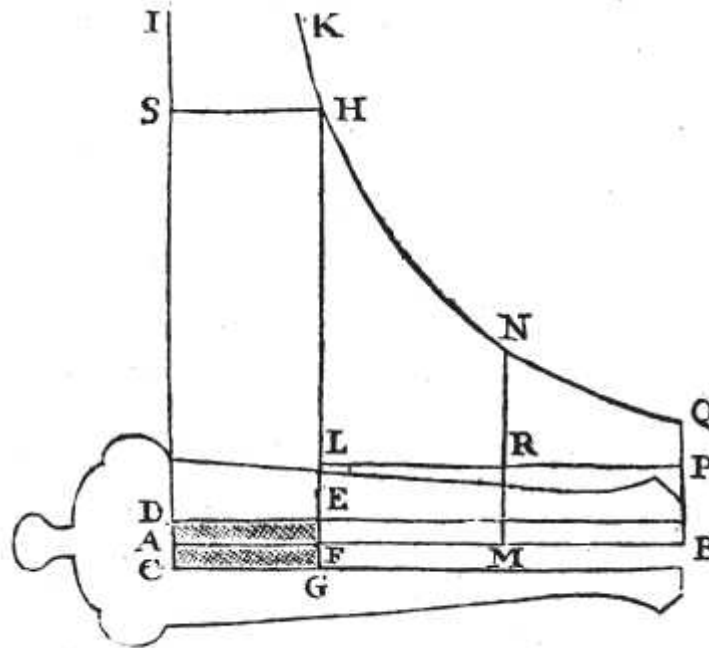
A complexidade com que a natureza normalmente se apresenta poderá imobilizar um pesquisador caso este não saiba criar hipóteses simplificadoras. Robins, para prosseguir no seu estudo de Balística Interna, precisou acrescentar às hipóteses citadas anteriormente, mais duas:

- I. A ação da pólvora sobre o projétil cessaria tão logo abandonasse a peça de artilharia.
- II. Toda a pólvora da carga é queimada e convertida em fluido elástico antes de o projétil ter iniciado o seu movimento.

A ignição, segundo a hipótese de Robin, fará com que toda a pólvora queime e se transforme em fluido elástico instantaneamente, assim como este ocupará o mesmo volume que era ocupado pela pólvora. Assim sendo, o fluido elástico, comprimido no pequeno espaço que era ocupado pela pólvora, exercerá sobre a superfície do projétil uma pressão mil vezes maior que a pressão atmosférica. Mas como será possível medir a força com que o gás empurra inicialmente o projétil?

---

<sup>447</sup>Como a pressão é definida como a força por unidade de área,  $P = \frac{F}{A}$ , a força será uma grandeza diretamente proporcional à pressão sempre que a área for constante,  $\frac{F}{P} = A$ , onde  $A$  é a constante de proporcionalidade. Duas variáveis,  $x$  e  $y$ , são diretamente proporcionais quando a razão entre elas é constante ( $\frac{y}{x} = constante$ ).



**Figura V-84:** O gráfico, uma hipérbole, representa como varia a força exercida pelo fluido elástico da pólvora sobre o projétil enquanto este se movimenta ao longo do comprimento da alma da peça de artilharia. (ROBINS, Benjamin (1707-1751). *New Principles of Gunnery* (1742). A new edition corrected, and enlarged, with addition of several notes, by Charles Hutton, Printed for F. Wingrave, 1805, p.74, (Digitized by Google: [HTTP://boobs.google.com/](http://boobs.google.com/))).

Por volta de 1630, um jardineiro de Florença constatou que a água, quando extraída de poços por meio de bombas aspirantes, nunca subia acima de 18 braças (10,33 metros). A descoberta pode ter sido comunicada a Galileu, que não lhe deu nenhuma explicação. O primeiro a tentar comprovar experimentalmente a altura máxima foi Gasparo Berti, em 1639, instalando na fachada de sua casa um tubo de chumbo de 11 metros, com apenas uma das extremidades abertas imersa na água de um reservatório. Na parte superior do tubo, a extremidade era fechada. O imenso tubo, antes de ter sido colocado na posição final, era preenchido com água e, a seguir, emborcado no reservatório de água. Como já havia constatado o jardineiro em Florença, a coluna de água parava de escoar para o reservatório quando tinha cerca de 10 metros de altura. Em 1644, o italiano Evangelista Torricelli (1608-1647), discípulo de Galileu, repetiu a experiência utilizando mercúrio no lugar da água e um tubo de vidro de 1,30m. Desta vez, diferente da água, o metal líquido escoou para uma cuba que continha mercúrio até formar uma coluna de 76cm de altura acima do nível do mercúrio na cuba. Qual a força que equilibrava o peso da coluna de mercúrio? O que existiria no espaço aparentemente vazio que surgia

no topo da coluna metálica? Na antiga física, a Natureza teria “horror ao vácuo”, e esta seria a razão que impedia o mercúrio de escorrer totalmente para a cuba. Os aristotélicos pensavam que acima da coluna de mercúrio não poderia existir um espaço vazio, o vácuo, portanto este deveria estar preenchido pelos vapores exalados pelo mercúrio. No entanto, para Torricelli era o “peso do ar” que sustentava o mercúrio, o que era uma hipótese absurda para os aristotélicos, porque se o ar tivesse peso, estaria animado pelo movimento de queda natural, próprio dos corpos graves. Um experimentador inexperiente poderia achar que esta dúvida poderia ser facilmente resolvida. Para tanto, bastaria colocar sobre um dos pratos de uma balança uma bexiga de porco cheia de ar, e no outro prato da balança outra bexiga, semelhante à primeira, porém vazia. O que poderá surpreender este observador é o fato de a balança permanecer em equilíbrio, indicando que em ambos os pratos existem corpos com o mesmo peso. Logo, concluirá que o ar que preenche uma das bexigas não tem peso, confirmando, assim, o que afirmavam os aristotélicos. Como Arquimedes já havia concluído, todo corpo imerso em um fluido está sujeito a uma força de baixo para cima, que denominamos empuxo, igual ao peso do fluido deslocado. Assim sendo, o experimento acima admite outra explicação. A bexiga com ar sobre o prato da balança estava imersa no ar atmosférico, e por esta razão deveria estar submetida a um empuxo igual ao peso do ar atmosférico deslocado, que tem praticamente o mesmo peso que o ar que a preenche. Portanto, o empuxo sustenta o peso do ar da bexiga. Por esta razão, em ambos os pratos da balança teremos apenas a ação do peso de uma bexiga, e o peso do ar nunca poderá ser medido através desta estratégia experimental. No entanto, Torricelli, ao olhar para a pesada coluna de mercúrio em repouso, estabeleceu um novo ponto de vista. O seu experimento poderia ser visto como uma balança que media o “peso” do ar, e por isso poderia ser considerado um *barômetro*. Para que possamos visualizar tal balança, considere parte da superfície do mercúrio na cuba um dos pratos da balança, o qual tinha sobre ele a imensa coluna do ar atmosférico. No interior do tubo de vidro, ao mesmo nível do mercúrio da cuba, se poderia imaginar o segundo prato da balança, com a mesma área do primeiro. Assim sendo, poderíamos afirmar que o peso da imensa coluna de ar correspondia ao peso da pequena coluna de 76cm de mercúrio, o que demonstrava haver uma imensa diferença



na densidade dos dois fluidos<sup>448</sup>. Na época, muitos não consideraram tal experimento uma prova decisiva de que a coluna de mercúrio estava sendo equilibrada pela ação do peso do ar e não pela ação do “horror ao vácuo”. Tal prova caberia ao francês Blaise Pascal (1623-1662), que propôs ao seu cunhado, Florin Perrier, que repetisse o experimento de Torricelli em uma montanha próxima de Clermont e novamente na cidade localizada na base da montanha. No alto da montanha, onde deveria existir uma menor coluna de ar sobre a cuba de mercúrio, o barômetro mostrou uma coluna 68 centímetros, menor do que a observada na cidade que estava em menor altitude. Desta forma, estava comprovado que Torricelli tinha de fato inventado um novo instrumento de medida capaz de medir a pressão atmosférica, e não o peso da coluna de ar, como inicialmente pensou seu inventor. O novo instrumento de medida também poderia ser utilizado como um altímetro, considerando que a pressão atmosférica diminui com a altitude. As variações em um mesmo local do valor da pressão atmosférica é um indicador meteorológico, o que foi percebido pelo próprio Pascal, que chegou a formular algumas regras<sup>449</sup>.

No caso de substituirmos no barômetro o mercúrio por chumbo líquido, o que não seria possível na temperatura ambiente por ser este um sólido, verificaríamos que a pressão atmosférica equivale a uma coluna de 34,9 polegadas (88,646cm) de altura. Para equilibrar a pressão de 1000 atmosferas com chumbo, seria necessária uma coluna gigantesca de 34.900 polegadas (88.646cm) de altura.

O projétil do mosquete, utilizado por Robins, era uma esfera de chumbo de diâmetro de  $\frac{3}{8}$  de polegada, que tem o mesmo peso que um cilindro de mesmo diâmetro, porém com meia polegada de altura. Portanto, uma coluna de chumbo de 34.900 polegadas de altura poderia ser formada pelo empilhamento de 69800 desses pequenos cilindros, uma imensa coluna de mais de 886 metros de altura que na sua base, devido ao seu gigantesco peso, exerceria uma pressão de 1000 atmosferas. O peso desses 69.800 cilindros de

---

<sup>448</sup>O que se está igualando na balança é de fato o peso por unidade de área, o que denominamos de pressão, que na época ainda era um conceito em construção que se confundia com o conceito de força.

<sup>449</sup>FUNBEC, 1972, v.1, pp. 101-116.

chumbo de  $\frac{1}{2}$  polegada de altura e  $\frac{3}{8}$  de polegada de diâmetro seria igual à intensidade da força que inicialmente o fluido elástico exerce no projétil ainda em repouso. No entanto, durante a expansão do fluido que empurra e acelera a bala, a pressão diminuirá e, conseqüentemente, o valor da força exercida pelos gases sobre o projétil. Em cada ponto da trajetória ao longo do cano do mosquete, a intensidade da força será diferente e, conseqüentemente, o movimento da bala não será uniformemente variado. Para calcular a velocidade com que o mosquete lança o seu projétil, será necessário ir além da cinemática de Galileu, a qual apenas se aplica ao movimento uniformemente variado. Neste caso, será necessário fazer uso da mecânica newtoniana. Robins foi buscar na 39ª proposição do livro I de Sir Isaac Newton, *Princípios Matemáticos da Filosofia Natural*, aquilo de que precisava. Nesta proposição, Newton afirmou que a área,  $A$ , sob um gráfico que descreve como varia a intensidade da força em função do deslocamento de um corpo que partiu do repouso é proporcional ao quadrado da velocidade que este tem no final da trajetória<sup>450</sup>:

$$\frac{A}{v^2} = \text{constante}$$

Para realizar o cálculo da velocidade final do projétil após percorrer a extensão da alma, vamos considerar, na Figura V-85, as dimensões de um mosquete que foram utilizadas por Robins no lugar das dimensões de um canhão: a alma com comprimento  $AB$ , 45 polegadas (114,3cm); dimensão  $AF$  ocupada pela pólvora,  $2\frac{5}{8}$  polegadas (6,7cm); extensão do deslocamento do projétil,  $FB = 45 - 2\frac{5}{8} = 42\frac{3}{8}$  polegadas (107,6cm). No gráfico, a região  $DECG$  representa a carga de pólvora, e em  $F$  a bala estará inicialmente em repouso, quando será submetida à força de intensidade  $HF$ . No deslocamento da bala ao longo da alma, indo de  $F$  até  $B$ , a força que atuará na bala diminuirá até o valor  $QB$ .

---

<sup>450</sup>Ao leitor moderno poderá ficar mais claro considerar que a área referida equivale ao trabalho da força resultante, ou seja, a variação da energia cinética do corpo. Considerando que o corpo está inicialmente em repouso, a variação da energia cinética é igual ao seu valor final,  $1/2.m.v^2$ , o que justifica dizer que a área é proporcional ao quadrado da velocidade final.

Para montar uma proporção, será necessário igualar duas razões. Uma primeira razão entre a área do gráfico e a velocidade final ao quadrado, poderia ser gerada em um caso que a cinemática de Galileu se aplica, a queda natural vertical a partir do repouso. Considerando a altura da queda igual ao deslocamento da bala no cano ( $FB=42\frac{3}{8}$  polegadas) o valor da velocidade final,  $v_1$ , será igual a 15,05 pés/s<sup>451</sup>. A área, na Figura V-84, neste caso, correspondente à área,  $A_1$ , do retângulo FLPB, que é igual ao produto do peso da bala,  $w_p$ , pelo deslocamento  $FB=107,6\text{cm}$  ( $A_1 = 107,6 \cdot w_p$ ).

A velocidade  $v_2$  com que o projétil é lançado no ponto em B estará relacionada à área FHQB,  $A_2$ , sob a hipérbole<sup>452</sup> (Figura V-84).

$$A_2 = \int_{AF}^{AB} (MN) \cdot dx = \int_{AF}^{AB} \frac{C}{x} \cdot dx = C \cdot \ln \frac{AB}{AF}$$

$$A_2 = C \cdot \ln \frac{114,3}{6,7} = 2,837 \cdot C \quad (I)$$

Na hipérbole, o valor da constante de proporcionalidade,  $C$ , ficará determinado por qualquer par ordenado de valores conhecidos que determinam um ponto no gráfico. O valor da força no instante inicial,  $FH=69.800w_p$ , e a correspondente posição da bala em relação ao ponto A,  $AF=6,7\text{cm}$ , como qualquer outro par ordenado referente aos pontos que formam o gráfico, poderia ser utilizado para determinar o valor da constante,  $C$ , na equação da hipérbole. Neste caso:

$$FH = \frac{C}{AF}$$

$$69300 \cdot w_p = \frac{C}{6,7} \quad (II)$$

De (II) em (I):  $A_2 = 2,837 \cdot C = 2,837 \cdot (47600 \cdot w_p) = 1326751 \cdot w_p$

<sup>451</sup>  $v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,76} = 4,59 \text{ m/s} = 15,05 \text{ pés/s}$ .

<sup>452</sup> Para determinar a área, no texto Robins apenas informou que utilizou uma conhecida propriedade do logaritmo: "And from the known application of the logarithms to the mensuration of the hyperbolic spaces, it follows [...]". Para dar continuidade à demonstração dada por Robins, introduzi o cálculo da área pela integral da função no intervalo em questão, o que não consta no texto original.

Portanto:

$$\frac{A_2}{A_1} = \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^2$$

$$\left(\frac{1326751 \cdot w_f}{107,6 \cdot w_p}\right) = \left(\frac{v_2}{15,05}\right)^2$$

$$v_2 = 111 \cdot 15,05 = 1670 \text{ pés/s}^{453}$$

Em resumo, para determinar a velocidade com que um mosquete ou uma peça de artilharia lança seus projéteis, é necessário que se conheçam as dimensões da alma, o volume ocupado pela pólvora e a densidade da bala:

Given the Dimensions of any Piece of Artillery, the Density of its Ball, and the Quantity of its Charge, to determine the Velocity which the Ball will acquire from the Explosion, supposing the Elasticity of the Powder at the first Instant of its firing to be given.<sup>454,455</sup>

Com a teoria, Robins obteve o que seria o valor da velocidade que a bala teria na boca do mosquete. A validação do seu modelo teórico dependeria da confirmação experimental do valor por ele previsto teoricamente, uma atitude que dava à experimentação a possibilidade de refutar a teoria, o que mostrava que se estava fazendo ciência com um método distinto daquele que foi empregado por Galileu um século antes, quando o experimento apenas teria a possibilidade de confirmar o que já tinha sido demonstrado teoricamente. A medida experimental da velocidade com que o mosquete lançou o projétil seria fundamental. Para isso, Robins afirmou que inventou o Pêndulo Balístico. Porém, não podemos atribuir a ele tal invenção, que na verdade foi feita por Jacques Cassini. No entanto, como veremos a seguir, não há dúvida de que o pêndulo balístico de Robins é muito mais elaborado do ponto de vista experimental que o de Cassini.

<sup>453</sup>No texto, Robins chega ao valor de 1.668 pés/s.

<sup>454</sup>ROBINS, 1805, p.74.

<sup>455</sup>Como uma tradução livre do conteúdo do texto: "Dadas as dimensões de qualquer peça de artilharia, a densidade da bala e a carga [de pólvora], para determinar a velocidade que o projétil adquirirá a partir da explosão [da pólvora], supondo que se conheça a elasticidade da pólvora no primeiro instante da sua queima".

## V.4 O Pêndulo Balístico de Benjamin Robins

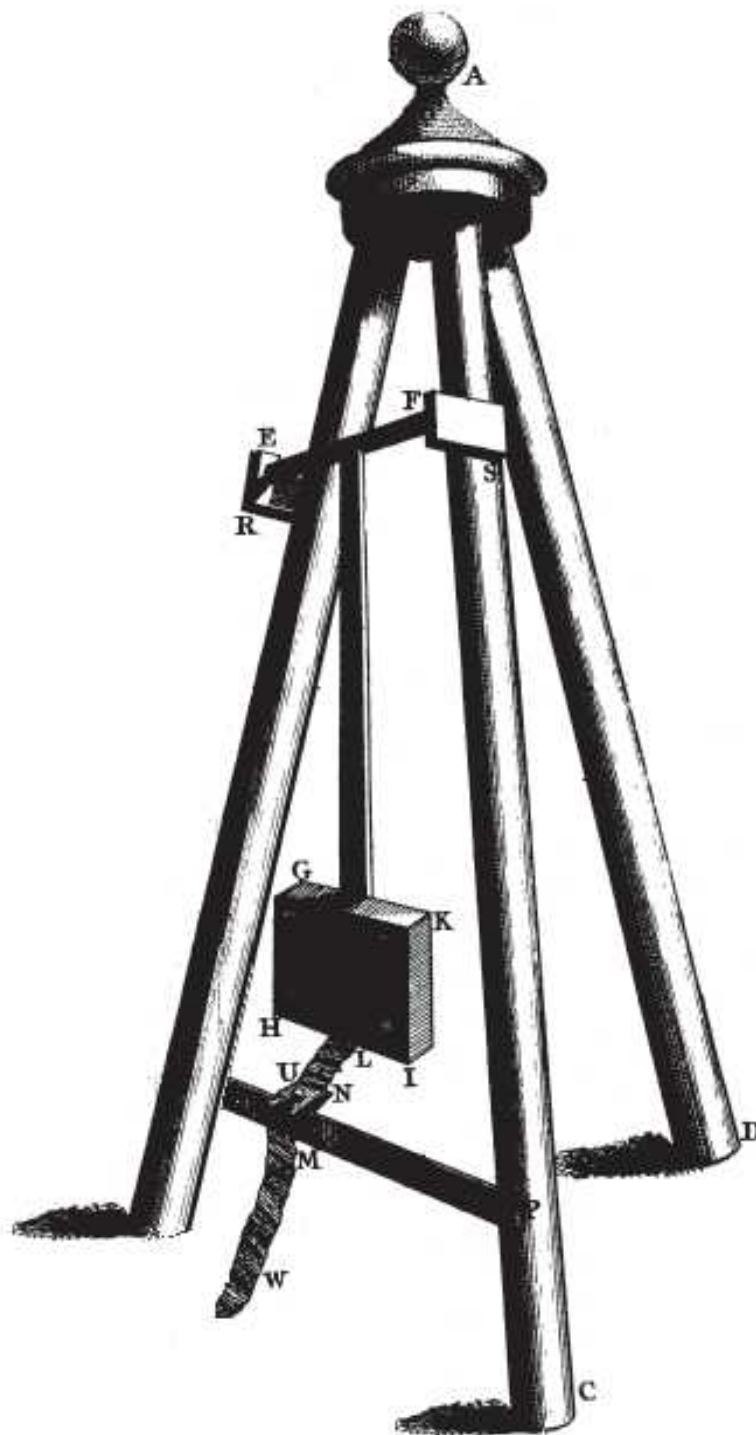
O Pêndulo Balístico utilizado por Robins como instrumento de medida da velocidade de projéteis era formado por uma placa de madeira, GHIK, que oscilava em torno do eixo horizontal EF (Figura V-86). Uma fita presa na extremidade inferior do pêndulo, LW, era utilizada para medir o máximo afastamento do pêndulo da posição de equilíbrio após a bala ter colidido e se fixado na placa de madeira GHIK. Mas o impacto não poderia ocorrer em qualquer ponto da placa de madeira. Com a colisão, o projétil deveria fixar-seno centro de percussão do pêndulo, o qual não coincidia com o centro de gravidade. Em 1742, quando houve a primeira edição de *New Principles of Gunnery*, Robins considerou em seus cálculos o centro de gravidade coincidente como centro de percussão. Em 1743, ao perceber seu erro, o mencionou publicamente em *Philosophical Transactions of the Royal Society*<sup>456</sup>. O erro de Robins não escapou da análise crítica de Leonhard Euler (1707-1783), que em 1745 fez uma tradução comentada para o alemão do trabalho de Robins (Figura V-85A). Em 1777, o inglês Mr. Hugh Brown traduziu o texto de Euler para o inglês (Figura V-85B)<sup>457</sup>.



**Figura V-85:** (A) Tradução para o alemão dos Novos Princípios de Artilharia feita por Leonhard Euler, em 1745. (B) Tradução para o inglês feita por Huh Brown, em 1777, da tradução feita por Euler da obra de Robins.

<sup>456</sup> JHONSON, 2001, p. 113.

<sup>457</sup> JOHSON, 2001, pp.51-89.

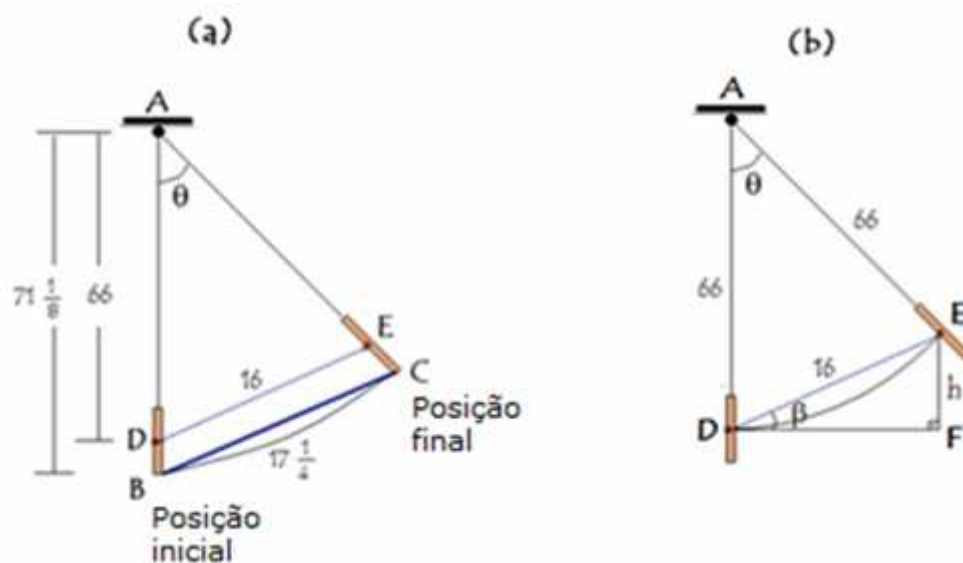


**Figura V-86:** *Pêndulo Balístico*. (ROBINS, Benjamin (1707-1751). *New Principles of Gunnery* (1742). A new edition corrected, and enlarged, with addition of several notes, by Charles Hutton, Printed for F. Wingrave, 1805, p.91 (Digitized by Google: [HTTP://boobs.google.com/](http://boobs.google.com/))).

O Pêndulo Balístico de Robins tinha um peso total de 56 libras e 3 onças. O centro de gravidade estava distante do eixo de rotação de 52

polegadas. O *centro de oscilação*<sup>458</sup> estava a  $62\frac{2}{3}$  polegadas do eixo. O centro da peça de madeira estava distante do eixo 66 polegadas<sup>459</sup>.

A velocidade do projétil após a colisão poderia ser medida com auxílio da fita LW, fixada na extremidade do pêndulo a  $71\frac{1}{8}$  polegadas do eixo de rotação, a corda do arco do máximo afastamento do pêndulo da posição de equilíbrio (Figura V-86), que Robins informou ser  $17\frac{1}{4}$  polegadas. Na Figura V-87(a) os triângulos ABC e ADE são semelhantes. Com a medida de BC se conclui o valor DE igual a 16 polegadas, que corresponde ao arco da trajetória da bala, fixa à madeira no ponto D, entre a posição inicial e a posição final de máxima elevação. No triângulo isósceles ADE da Figura 87(b), o ângulo  $\theta$  é igual a 14 graus, e no triângulo retângulo DEF, o ângulo  $\beta$  é 7 graus. O seno do ângulo de  $\beta$  é igual a  $\frac{h}{16}$ , de onde se obtém, para a dimensão de h, o valor de 1,94 polegadas (4,92cm).



**Figura V-87:** No Pêndulo Balístico, um projétil fixo no alvo de madeira se eleva até a altura máxima h. A bala descreve um movimento circular com um raio de 66 polegadas e uma corda de 16 polegadas. A extremidade do pêndulo, onde se fixa uma fita, descreve um arco de circunferência de raio  $71\frac{1}{8}$  polegadas com uma corda de  $17\frac{1}{4}$  polegadas (figura a). Para calcular a máxima elevação da bala, h, (figura b), será preciso calcular o seno do ângulo  $\beta$  no triângulo retângulo DEF.

<sup>458</sup>No pêndulo o centro de percussão coincide com o centro de oscilação.

<sup>459</sup>Robins considera como alvo do projétil o centro da peça de madeira, o que foi o seu erro. O projétil deveria colidir com o pêndulo no centro de oscilação ou de percussão.

Na queda livre de uma altura  $h$ , um corpo em movimento pendular tem, no ponto mais baixo da sua trajetória, um valor de velocidade proporcional à raiz quadrada da sua máxima elevação,  $h$ . Desta forma, fazendo o raciocínio inverso, o valor da velocidade da bala, após colidir de forma inelástica com o pêndulo balístico, que se elevou de uma altura máxima,  $h$ , será:

$$u = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} = 3\frac{1}{4} \text{ pés/s}^{460}$$

O pêndulo de 56 libras e 3 onças equivalia, segundo Robins, a um pêndulo simples de 42 libras e  $\frac{1}{2}$  onça. Desta forma, considerando na colisão a conservação do *momentum* e a massa do projétil  $\frac{1}{12}$  de libra, teremos:

$$m \cdot v = (m + M) u$$

$$\frac{1}{12} \cdot v = \left( \frac{1}{12} + 42\frac{3}{50} \right) \cdot 3\frac{1}{4}$$

$$v = 1641 \text{ pés/s}$$

Portanto, o valor experimental da velocidade com que a bala colidiu com o pêndulo seria 1641 pés/s, o qual, após ter sido comparado com o valor 1668 pés/s, que foi o obtido na teoria de Balística Interna, fortalecia a teoria e o novo método de medir velocidades. Em 1786, Charles Hutton publicou o que considerava ser a equação correta para calcular a velocidade do projétil no pêndulo de Robins<sup>461</sup>:

$$v = 514,58 \cdot g \cdot c \cdot \frac{p + b}{b \cdot i \cdot r \cdot n}$$

Na equação de Hutton, a velocidade é determinada em pés por segundo:  $b$  é o peso da bala;  $p$ , o peso do pêndulo;  $g$ , a distância do centro de gravidade ao eixo de rotação;  $i$ , a distância do ponto de impacto ou ponto de percussão ao eixo de rotação;  $c$ , o tamanho da corda do arco de raio  $r$  descrito pelo pêndulo; e  $n$ , o número de pequenas oscilações que o pêndulo fez em 60 segundos.

<sup>460</sup>  $v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 0,0492} = 0,98 \frac{m}{s} = 3,22 \frac{pés}{s} \approx 3\frac{1}{4} \frac{pés}{s}$ .

<sup>461</sup> Charles Hutton apresentou sua equação na nota de rodapé, página 67, da edição de *New Principles of Gunnery*, editada em 1805.



Na Balística Experimental, o *Pêndulo Balístico* se tornou um importante instrumento de medida da velocidade de um projétil em qualquer ponto da sua trajetória. Com estas medidas, foi possível confirmar e refutar teorias, assim como velhas crenças. No início do século XVIII, havia entre os artilheiros a crença de que os tiros eram mais poderosos no frescor da manhã. No entanto, as medidas da velocidade não confirmaram tal fato<sup>462</sup>. Com a medida da velocidade com que uma peça de artilharia lançava os projéteis também era possível avaliar a eficiência dos diversos tipos de pólvora. Ao comparar a pólvora inglesa com a espanhola, Robins achou ser a última melhor. A pólvora holandesa tinha um poder superior ao da pólvora inglesa, como 5 está para 4. A pólvora holandesa era feita com grande critério na escolha dos seus componentes, o que a tornava muito cara. A pólvora portuguesa seria uma das melhores, apesar de não se igualar à pólvora holandesa, mas superava a pólvora inglesa utilizada pelo governo. A pólvora vendida no comércio inglês era de qualidade inferior à da pólvora utilizada pelo governo. Mas a pior de todas as pólvoras era a africana, *Guinea powder*, porque não utilizava nenhuma composição padrão na sua fabricação. A qualidade da pólvora dependia de muitos detalhes particulares, como a quantidade e qualidade dos seus componentes e a forma como eram misturados. Durante as batalhas, não seria viável o uso do pêndulo balístico. Na Inglaterra, segundo Robins, o mais comum dos testes que os artilheiros e bombeiros utilizavam para avaliar a qualidade da pólvora era qualitativo e não quantitativo.

The method most commonly followed for this purpose, here us, is (if I am rightly informed) to fired a small heap of it on a clean board, and to attend nicely to the flame and smoke it produces, as likewise to the marks it leaves behind it on the table; [...]<sup>463,464</sup>.

O Pêndulo Balístico era um instrumento de medida de fácil construção, mas apenas adequado aos matemáticos, filósofos naturais e alguns poucos engenheiros militares que se dedicavam ao estudo da Balística em busca do tiro mais eficiente. Aos artilheiros e bombeiros, homens práticos, apenas os

---

<sup>462</sup>ROBINS, 1805, p.108.

<sup>463</sup>ROBINS, 1805, p.121.

<sup>464</sup>Como uma tradução livre do conteúdo do texto: “O método que geralmente se segue com este objetivo, entre nós, é (se eu estou corretamente informado) pôr fogo em uma pequena quantidade [de pólvora] sobre uma tábua limpa e procurar reparar bem a chama e a fumaça produzidas assim como as marcas deixadas sobre ela [...]”.

resultados das pesquisas interessariam, os quais poderiam acarretar novos protocolos de ação que poderiam tornar a Artilharia de uma nação mais eficiente.

## V.5 A interferência do ar no movimento dos projéteis

No início do século XVIII, a trajetória de uma bala no ar ainda era considerada por muitos teóricos um arco de parábola. Os autores não levaram em consideração as limitações que Galileu impôs à sua cinemática na *Quarta Jornada dos Discorsi*, quando afirmou que não a considerava adequada aos tiros dos canhões e espingardas. A opinião que vigorava entre os autores era de que a ação da resistência do ar sobre o movimento de uma pesada bala a grande velocidade deveria ser desprezível e incapaz de modificar a forma da trajetória. Porém a medida da velocidade de lançamento do projétil permitiu o cálculo do alcance, o que tornou evidente que o alcance real era menor que o previsto. Os resultados evidenciavam que nem a trajetória era um arco de parábola nem o atrito do ar era desprezível<sup>465</sup>.

A resistência que o ar oferecia a um corpo em movimento foi estudada por Newton, que concluiu ser esta proporcional ao quadrado do valor da velocidade, o que não seria desprezível. No entanto, Robins, ao medir os alcances dos tiros, concluiu que o atrito deveria ter um valor até três vezes maior do que aquele proposto na mecânica newtoniana. O estudo de Newton não se aplicaria aos corpos que se movimentavam como projéteis lançados pelos canhões e espingardas.

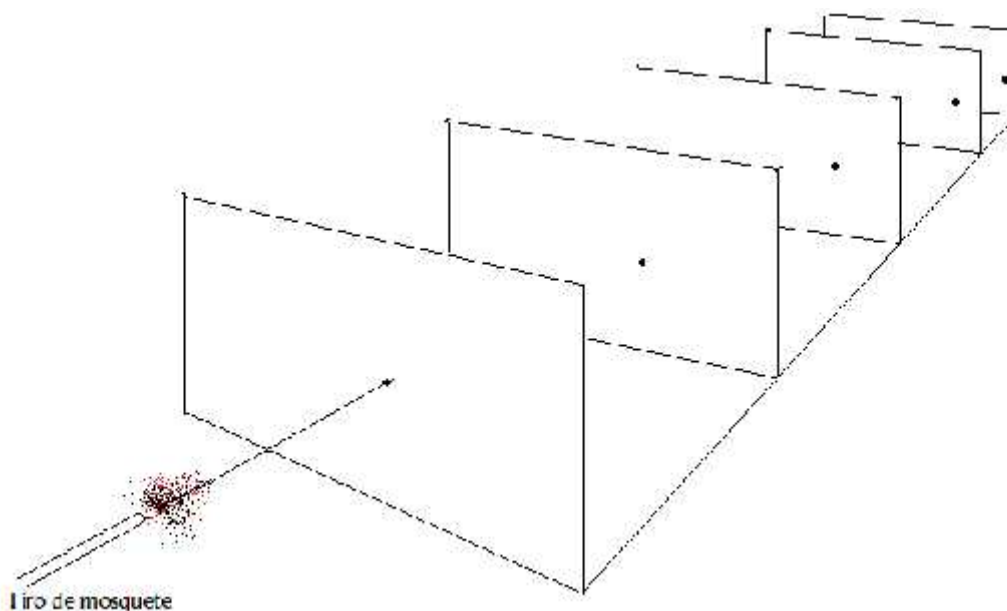
all that we have related then, it appears, that the theory of the resistance of the air, established in slow motions by Sir Isaac Newton, and confirmed by many experiments, is altogether erroneous, when applied to the swifter motions of muskets or cannon-shot; for that, in these cases, the resisting power of the medium is augmented to near three times the quantity assigned by theory; [...]<sup>466,467</sup>.

---

<sup>465</sup>ROBINS, 1805, p.5.

<sup>466</sup>ROBINS, 1805, p.135.

As evidências permitiam que se afirmasse que as trajetórias das balas lançadas pelos canhões e pelas espingardas nunca seriam arcos de parábola, nem aproximadamente, a não ser que fossem lançadas com baixa velocidade<sup>468</sup>. Em 1746, Robins apresentou na *Royal Society* um estudo experimental sobre a ação do ar sobre a trajetória das balas<sup>469</sup>. As suas observações mostravam que o movimento dessas balas nem sempre estaria contido em um plano vertical. As trajetórias podiam se curvar para a direita, ou para a esquerda, o que não poderia ser explicado como um efeito da ação da gravidade. Para determinar experimentalmente a trajetória da bala no ar, Robins lançou os projéteis de um mosquete através de uma série de telas planas e verticais (Figura V-88).



**Figura V-88:** Um tiro de mosquete que perfurava telas verticais determinava a trajetória da bala no ar e permitia a medida dos desvios deflexões que a trajetória tinha em relação ao plano vertical.

Com as perfurações nas telas, era possível reconstruir a trajetória do projétil no espaço e, assim, mostrar que havia uma deflexão crescente, própria de um movimento uniformemente acelerado, o que indicava a existência de uma força constante e transversal à direção do movimento, diferente do peso,

<sup>467</sup> Como uma tradução livre do conteúdo do texto: “[...] tudo que temos relatado faz parecer que a teoria sobre a resistência do ar, que Newton estabeleceu para corpos que se movimentavam lentamente, confirmada por vários experimentos, é completamente errônea quando aplicada aos movimentos dos projéteis lançados pelos mosquetes e canhões; neste caso, a resistência oferecida pelo ar é até três vezes maior que a prevista na teoria.”

<sup>468</sup> ROBINS, 1805, p. 145.

<sup>469</sup> ROBINS, 1805, p. 211.

que causava o encurvamento da trajetória durante o movimento no ar. Para Robins, esta era uma evidência de que era a ação do ar que vergava a trajetória, mas que não era explicada por nenhuma teoria<sup>470,471</sup>. Utilizando mosquetes com canos encurvados, Robins determinava o sentido de rotação dos projéteis esféricos, o que lhe permitiu controlar o encurvamento da trajetória. Com canos encurvados para a esquerda, a trajetória se encurvava para a direita. Em um cano normal, reto, a interação dos projéteis com as paredes se daria de forma aleatória, o que tornava os tiros de mosquetes muito imprecisos. Em um alvo a 300 pés (90 metros), os desvios em média chegavam a 17 polegadas<sup>472</sup>, cerca de 40 centímetros.

## V.6 Conclusão

A modernidade que se estabeleceu com uso das armas de fogo garantia ao rei a possibilidade de se manter soberano em seu território e de se impor às nações que se tornaram obsoletas. Porém, como uma arma não tem valor absoluto, não bastava tê-las sem artilheiros. Em Portugal, os condestáveis estrangeiros foram os primeiros a ensinar geometria e os demais conhecimentos necessários a todo aquele que desejasse se tornar artilheiro. Inicialmente, nada se conhecia sobre a velocidade com que as balas eram

---

<sup>470</sup>ROBINS, 1742/1805, pp. 208-215.

<sup>471</sup>Uma esfera ao girar no ar, como uma bola de futebol, atrita a sua superfície contra o ar e o obriga a girar consigo, junto à sua superfície. Outro movimento, o de translação da esfera no ar, faz surgir um vento contrário ao sentido do movimento da bola, semelhante ao que sentimos quando corremos. Mas uma bola que gira no sentido anti-horário, enquanto translada, terá à esquerda do sentido do movimento a velocidade do ar em rotação ao seu redor somada à velocidade do vento produzido pelo movimento de translação. No lado oposto, as velocidades se subtraem. Em resumo, tudo ocorre como se de um lado ventasse com maior intensidade que no outro. No local onde o “vento” é mais intenso, a pressão é menor. Assim sendo, a diferença da pressão atmosférica entre lados opostos de uma bola de futebol que no chute de escanteio, do lado direito do goleiro, é posta a girar no sentido anti-horário, fará com que esta bola curve a sua trajetória para a esquerda, o que poderá fazê-la penetrar no gol sem que fosse possível fazer o mesmo sem colidir com as traves do gol em uma trajetória retilínea. Da mesma forma, os projéteis esféricos que são lançados girando ao redor de um eixo perpendicular à direção do movimento de translação terão suas trajetórias encurvadas. Este efeito foi eliminado apenas em meados do século XIX, quando as almas lisas foram substituídas por estriadas para provocar no projétil uma rotação em torno de um eixo com a mesma direção do eixo da alma. O efeito, atualmente denominado de *Magnus*, recebeu este nome em homenagem ao alemão Heinrich Gustav Magnus (1802-1870).

<sup>472</sup>ROBINS, 1805, p. 211.

lançadas ou que tipo de trajetória esta descreveria no ar. Ao artilheiro que lançava projéteis com trajetórias de pouca curvatura apenas importava saber dar carga à arma e apontá-la corretamente para o alvo, para o que apenas seria necessário saber pesar e medir. No entanto, aos bombeiros que utilizando morteiros lançavam bombas que descreviam no ar trajetórias com grande curvatura, foi necessário que aprendessem a dar a melhor inclinação ao eixo da alma da arma. Com o passar do tempo, a experiência lhes ensinou o que não sabiam explicar: com inclinações de 45 graus, o alcance do tiro era máximo. Deste conhecimento, surgiram os morteiros com inclinação fixa de 45 graus. Nestes, após verificar em que local caía a bomba de um primeiro tiro, a carga de pólvora poderia ser modificada para mais ou para menos até que o alvo fosse alcançado. Aos artilheiros e bombeiros pouco importava saber qual seria a verdadeira forma da trajetória da bomba no ar, pois este seria um saber desnecessário que apenas interessaria aos filósofos e aos geômetras. No entanto, Galileu, geômetra, com novos saberes, fez surgir uma nova ciência, a Balística Externa. Nesta, a velocidade inicial de um projétil lançado no vácuo poderia ser conhecida a partir da medida do valor do alcance. Mas como os projéteis eram lançados no ar, e não no vácuo, a velocidade inicial com que eram lançados permaneceu desconhecida à espera de outro método que permitisse a sua medida. No século XVII, com a mecânica newtoniana, surgiram as primeiras teorias de Balística Interna, nas quais se procurava determinar o valor da velocidade com que finalmente seria lançado um projétil após ter percorrido a extensão da alma da arma. No entanto, essas teorias apenas poderiam ser confirmadas se a medida da velocidade de lançamento do projétil fosse medida com precisão, o que apenas foi possível através da invenção do pêndulo balístico por Cassini, na França, o qual foi aperfeiçoado por Benjamin Robins, na Inglaterra. Com o novo instrumento, que permitia medir a velocidade do projétil em qualquer ponto da sua trajetória, Robins tornou a Balística Externa Experimental uma nova ciência capaz de provar que a equação que Newton propôs para determinar a força de atrito do ar era inadequada para os projéteis esféricos lançados pelos canhões e mosquetes. Com novas técnicas experimentais, Robins determinou a forma da trajetória desses projéteis, o que lhe permitiu lançar suspeita sobre o movimento de rotação da bala como um dos causadores das deformações das trajetórias, o

que tornavam os tiros das armas de fogo com *alma lisa* incapazes de ferir um alvo com precisão.

Os textos de Robins, publicados em meados do século XVIII, demonstram que o estudo da balística nessa época tinha incorporado todo o avanço que até então se verificou na matemática e na física. Portanto, a referência e análise dos conteúdos destes textos pelos autores portugueses, assim como aos textos de Galileu, certamente seriam indicadores relevantes de modernidade no ensino militar praticado em Portugal, que o tornariam comparável ao das melhores academias militares da Europa. Com este objetivo, iremos analisar, nos próximos capítulos, os principais textos didáticos que foram utilizados no ensino militar português durante o século XVIII.



## CAPÍTULO VI

# O ENGENHEIRO PORTUGUÊS

### VI.1 Introdução



**Figura VI-89:** Manoel de Azevedo Fortes: 1726-1733, óleo sobre tela, 1220X970mm. Palácio de Mafra, Mafra, Portugal. Quadro atribuído a Pierre Antoine Quillard. (Fonte: <http://www.argnet.pt/portal/imagemsemanal/marco1004.html>, acesso: 22/11/2012).

Manoel de Azevedo Fortes (1660-1749), filho de um nobre erudito francês que vivia em Lisboa, nasceu nessa cidade, mas, aos doze anos, foi matriculado por seu pai no Colégio Imperial de Madri. Na Espanha, na Universidade de Alcalá, formou-se em Filosofia. Seus estudos continuaram em Paris, onde se dedicou à Filosofia. Em 1719, foi nomeado Engenheiro-mor do Reino e como tal procurou dar início à formação de engenheiros militares em



Portugal, em uma época em que eram escassos os livros técnicos publicados em português, e os alunos não saberiam ler os textos escritos nas línguas do norte da Europa. No entanto, as dificuldades não o abateram, e Fortes se fez autor e publicou obras didáticas em português. Em 1722, publicou uma obra de cartografia, *Tratado do Modo mais fácil e exato de fazer as Cartas Geográficas*, e em 1728 e 1729, publicou *O Engenheiro Português*, um texto didático destinado principalmente à formação de engenheiros, que também, em parte, se aplicaria à formação de oficiais da Artilharia. Em 1744, quando já estava com mais de oitenta anos de idade, porém intelectualmente ativo e integrado à corrente das Luzes, foi autor do primeiro tratado sobre lógica, integralmente escrito em português, *Lógica Racional Geométrica e Analítica*. Como membro da aristocracia portuguesa, não economizou críticas aos filhos da nobreza portuguesa que tinham perdido a competência de comandar os exércitos porque não se dedicavam ao estudo da Arte Militar. Em suas críticas, procurou aconselhar o rei D. João V sobre a importância da valorização social e intelectual do engenheiro militar em Portugal, a exemplo do que tinha ocorrido na França de Luís XIV, como uma maneira de atrair para as academias militares os membros da primeira nobreza que já recebiam os principais cargos do comando exército pelo direito de pertencerem às principais Casas da nobreza portuguesa e não por demonstrarem competência, o que em muito estava diferenciando Portugal das mais modernas nações do norte da Europa.

Na primeira metade do século XVIII, Manoel de Azevedo Fortes e José Fernandes Pinto Alpoim (1700-1765) foram os dois principais autores portugueses que escreveram e publicaram obras didáticas, em português, para dar formação aos artilheiros, bombeiros e engenheiros militares. Na segunda metade do século, não encontramos obras impressas com esta finalidade, mas apenas manuscritos que circulavam nos Regimentos entre os oficiais, que também eram utilizados nas Aulas Regimentais. Infelizmente os manuscritos não se tornam obras de referência e tendem ao desaparecimento, como de fato ocorreu com quase todos que eram destinados ao ensino de Artilharia. Para combater tão grave deficiência, Azevedo Fortes transformou seus próprios apontamentos particulares de estudo em apostilas, que mais tarde deram origem aos dois volumes de *O Engenheiro Português*.

No século XVII, após a Restauração, quando um rei português voltou a reinar em Portugal, um ensino pragmático de origem militar foi iniciado para formar construtores de fortificações e obras públicas. Em 1647, na Ribeira das Naus, em Lisboa, Luís Serrão Pimentel (1613-1679) inicia a Aula de Fortificação. Em 13 de julho de 1647, data do Decreto que instituiu a *Aula de Fortificação e Arquitetura Militar*<sup>473</sup>, foi criada a *Arma de Engenharia Militar*<sup>474</sup>. No entanto, foram necessários 33 anos para surgir o primeiro texto impresso em português para ensinar a construir fortificações, de autoria de Luís Serrão Pimentel, *O Methodo Lusitanico de Desenhar as Fortificações das Praças Regulares e Irregulares*. Após duas décadas, no início do século XVIII, já eram poucos os exemplares da obra de Luís Serrão existentes para atender à necessidade do ensino, e *O Método Lusitano* já estava desatualizado, considerando que descrevia o método de fortificar as Praças como foi ensinado pelos autores holandeses<sup>475</sup> Dogen, Golgman, Freitag, Maralois e outros, cujos métodos já não eram mais usados nas nações da Europa. Um segundo texto, com edição esgotada, intitulado *Fortificação Moderna*<sup>476</sup>, foi traduzido da língua francesa para o português e impresso por ordem do rei. Esse material não ensinava a construir fortificações a partir de um método fixo, portanto servia mais como levantamento histórico dos diversos métodos para esse tipo de construção. Assim sendo, no final da segunda década do século XVIII, *O Engenheiro Português* se apresentou como um texto atualizado, moderno, escrito em português, que pretendia apresentar um método de construção de fortificações considerando o método de Antonio de Ville, Blaise François e Sébastien Le Prestre. A partir desses três autores mais célebres na arte de fortificar, foi escrita a obra *Fortificação*, de um autor anônimo que apresentou um método de fortificar, o *Método dos três Guias*, que Fortes considerou o melhor para ser ensinado aos futuros engenheiros militares<sup>477</sup>. O primeiro

---

<sup>473</sup>RODRIGUES, 1993, p.III.

<sup>474</sup>RODRIGUES, 1993, p.III.

<sup>475</sup>O método holandês de construir fortificações surge da evolução do Traço Italiano. No século XVII, os arquitetos italianos e de outras nacionalidades eram contratados para construir fortificações na Holanda, onde ocorriam as principais batalhas entre a Espanha e os Países Baixos.

<sup>476</sup>Fortes não informa quem era o autor desta obra, apenas faz referência ao fato de apenas ter valor como documento de pesquisa sobre a história da Arquitetura Militar.

<sup>477</sup>O texto é apresentado por Fortes como atualizado e moderno e apresentava um método de construir fortificações, *O Método dos três Guias*. Com o ensino deste método, Fortes considerava que estava conduzindo Portugal à modernidade da sua época

volume era um Tratado de Geometria Prática, o qual estava dividido em três livros e um apêndice: Livro I, *Longimetria*; Livro II, *Planimetria*; Livro III, *Estereometria*; o apêndice, *Trigonometria retilínea*. O segundo volume, o *Tratado de Fortificação*, é composto de oito livros e um apêndice: Livro I, *Da Fortificação em Geral*; Livro II, *Da Fortificação Regular*; Livro III, *Das Obras exteriores*; Livro IV, *Da delineação do Corpo da Praça e Obras exteriores*; Livro V, *Da Fortificação irregular*; Livro VI, *Da Fortificação efetiva* (Implantação das fortificações no terreno e pormenores das construção das suas diversas partes); Livro VII, *Da Fortificação ofensiva das Praças* (Ataque das Praças); Livro VIII, *Da Fortificação defensiva das Praças* (Defesa das Praças); Apêndice, *Das Armas de guerra e seus usos*.

O primeiro volume de *O Engenheiro Português*, que era dedicado ao ensino da matemática, atendia à exigência de D. Pedro II, que estabeleceu, no início do século XVIII, por decreto, que todos os textos que seriam usados nas Aulas Regimentais deveriam ser precedidos dos conteúdos necessários de matemática. Trata-se de um texto composto de 537 páginas, destinado exclusivamente ao ensino da Geometria Prática, sobre o papel e sobre o terreno como uso dos instrumentos mais necessários aos Engenheiros, assim como o modo de desenhar e “dar aguada” nas plantas militares. Apenas no segundo volume, composto de 492 páginas e 22 estampas, é que Fortes dedicou-se ao estudo da construção da Fortificação, regular e irregular, o Ataque e a Defesa das Praças. O uso das armas de guerra foi tratado como um saber complementar, exposto como um apêndice de apenas 44 páginas, localizado no final do segundo volume. Em uma obra de 1029 páginas, um apêndice com 44 páginas tornava claro que ela se destinava a formar engenheiros construtores de fortificações. A formação de artilheiros e bombeiros, assim como oficiais destinados à Artilharia, estava fora dos objetivos principais do texto de *O Engenheiro Português*.

Todo aquele que iniciava seus estudos em Arquitetura Militar primeiro deveria copiar os desenhos das estampas, como um primeiro exercício, que Fortes recomendava para que, assim, o aprendiz exercitasse as técnicas de riscar as plantas. Aos demais Oficiais Militares, o autor recomendava apenas o estudo dos dois últimos livros do segundo Tomo: Livro VII, *Da Fortificação*

*ofensiva das Praças* (Ataque das Praças); e Livro VIII, *Da Fortificação defensiva das Praças* (Defesa das Praças), para os quais as estampas são menos necessárias.

No século XVIII, a impressão de uma obra ainda não se fazia sem as devidas licenças do Santo Ofício, do Ordinário e do Paço, assim como da análise de especialistas. O *Engenheiro Português* recebeu todas as licenças necessárias. Os especialistas que o rei mandou ler e analisar o conteúdo da obra eram duas grandes autoridades que estavam servindo ao rei na época: o engenheiro militar, provavelmente francês, João Massé, e o italiano João Batista Carbone, matemático e membro da Companhia de Jesus.

## VI.2 Tratado I - Da Geometria Prática



**Figura VI-90:** Frontispício do primeiro volume de *O Engenheiro Português* (Fonte: Fortes, Manoel de Azevedo. *O Engenheiro Português*. Edição fac-símile da edição de 1728, imprensa Nacional-Casa da Moeda, 1993).

## VI.2.1 Livro I – Da Longimetria

A longimetria seria a medida de distâncias sobre a superfície da Terra. As medidas se fazem sobre linhas retas, acessíveis, inacessíveis, horizontais, verticais e inclinadas. As medidas envolveriam unidades, que eram diferentes nos diversos países na Europa. Em Portugal, as unidades mais ordinárias eram braças e varas, e entre os mercadores, os côvados. Para os engenheiros, informa Azevedo Fortes<sup>478</sup>,

[...] a unidade mais utilizada seria o pé, que corresponderia a um palmo e meio da craveira, que se achava na Câmara de Lisboa Oriental: destes palmos de craveira tem a braça comum dez, e no uso da marinha, oito: a vara tem cinco. Cada palmo se divide em oito polegadas, das quais o pé tem doze: o côvado dos mercadores tem três palmos de craveira alguma coisa mais avantajada, e assim uma braça linear tem dez palmos de comprimento, e uma braça quadrada tem cem palmos quadrados, e uma braça cúbica tem mil palmos cúbicos, ou sólidos.

As unidades de medidas adotadas no reino, onde um palmo estava dividido em oito polegadas e o pé em doze, resultava, para aquele que faria as medidas, grande trabalho quando fosse necessário multiplicar ou dividir umas medidas por outras. Para contornar tal dificuldade, Fortes adota o método do matemático Monsieur Boulanger, *Lente de Matemática do Rei da França*, por meio do qual se evitam os “quebrados que retardam as reduções”. No livro I, este método é explicado pelo uso dos números *Geométricos*. Na representação numérica, não se separavam por vírgula as frações decimais. O número 47,2805 seria escrito como  $47\ 2^i\ 8^{ii}\ 0^{iii}\ 5^{iv}$ , que se diria 47 unidades, dois *primos*, oito *segundos*, 0 *terceiros* e 5 *quartos*. Os números eram denominados de *Geométricos* devido a sua exclusiva aplicação na Geometria. A divisão de uma unidade em frações decimais facilitava os cálculos. No entanto, Fortes<sup>479</sup> informa ser melhor para o comércio e a sociedade civil continuar usando unidades divididas em doze para que houvesse uma maior possibilidade de determinar partes alíquotas:

Este modo de contar e de dividir as espécies de diferentes medidas, de 10 em 10 se chama dízima, ou Aritmética dizimal.

<sup>478</sup>FORTES, 1993a, p.7.

<sup>479</sup>FORTES, 1993a, p.10.

[*Simão Estivino* [Simon Stevin]<sup>480</sup> dizem ser o inventor; mas deve-se notar que este modo de contar só é útil na Geometria Prática, ou cálculo Geométrico, por quanto para o comércio, e sociedade civil, é mais útil de dividir o pé, por exemplo, em doze polegadas, do que em dez, porque o número dez tem só partes alíquotas dois, ou cinco, e assim não se pode expressar mais que o meio, e o quinto em lugar [No entanto,] o número doze tem mais partes alíquotas, a saber, dois, três, quatro, seis: e assim se pode expressar em quebrados, o meio, o terço, o quarto, e o sexto, ou sexta, parte do pé.”<sup>481</sup>

Com o sistema decimal escolhido, os números *Geométricos*, Fortes passa a ensinar as operações fundamentais: somar, multiplicar, diminuir e dividir. A maneira de extrair as raízes quadradas e cúbicas é ensinada<sup>482</sup>.

Na Geometria Prática, o resultado final a que se chega será expresso por um número *Geométrico*, que poderá, se necessário, ser reduzido às frações comuns da medida. Por exemplo, como uma braça tem 10 palmos, 10<sup>i</sup> braças será equivalente a 105 palmos. No entanto, para o resultado 10<sup>i</sup> 3<sup>ii</sup> braças, teríamos um problema diverso do anterior. Neste caso, como um palmo tem oito polegadas e não 10, necessário serão os redutores de número geométricos, que permitirão fazer a redução sem cálculos ou uso da Aritmética utilizando escalas gravadas em madeira, latão ou pergaminho<sup>483</sup>.

Um engenheiro militar, trabalhando sobre o terreno, necessitará saber estabelecer diretamente, sobre a superfície da Terra, aquilo que o geômetra estabelece sobre a superfície de uma folha de papel, como traçar sobre o solo uma linha reta, dividir uma extensão ao meio, estabelecer uma perpendicular a uma direção dada no terreno, determinar um círculo sobre a superfície da terra, achar o diâmetro e o centro da circunferência, achar o centro de polígonos regulares, bem como desenhar sobre o solo e dar solução a diversos problemas de geometria prática. É isso que Fortes procura ensinar<sup>484</sup>.

---

<sup>480</sup> Ver nota de rodapé 524.

<sup>481</sup> FORTES, 1993a, p.10.

<sup>482</sup> FORTES, 1993a, pp.12-22.

<sup>483</sup> FORTES, 1993a, pp.23-28.

<sup>484</sup> FORTES, 1993a, pp. 29-57.

## VI.2.2 Livro II – Da Planimetria

A Planimetria é a parte da Geometria Prática em que se faz o cálculo de grandes áreas utilizando pequenas áreas, que geralmente são quadrados. O número de medidas quadradas que contém uma superfície é a medida da sua área.

Mais uma vez, Fortes reforça que a escolha do uso do pé como unidade de medida de extensão no lugar da braça e do palmo é uma má escolha e deverá ser evitada porque a braça tem 10 palmos, enquanto o pé se divide em 12 polegadas<sup>485</sup>. Como os números *Geométricos* se aplicam à Geometria Prática, melhor será escolher a braça e o palmo como unidade, no lugar do pé e da polegada.

A medida de áreas se aprende no Livro II, das mais simples para as mais complexas. Como primeiro passo, Fortes<sup>486</sup> ensina o cálculo das áreas que estão contidas em superfícies planas e limitadas por segmentos de reta. Como segundo passo, estuda o cálculo das áreas de superfícies planas limitadas por linhas curvas. O terceiro passo ensina como se faz o cálculo de áreas de superfícies planas limitadas por linhas retas e curvas. No quarto, o autor trata do cálculo das áreas de superfícies côncavas ou convexas. O estudo termina com o quinto passo, que mostra como se aplica o que foi estudado nas medições e divisões dos campos.

A medida das áreas era uma atividade importante em Portugal. A terra, um patrimônio de grande valor, quando partilhada, deveria ser dividida com grande rigor. No Reino, havia falta de Medidores de profissão, e os próprios lavradores se encarregavam das medidas das terras, o que acarretava consideráveis erros<sup>487</sup>. Outro grande problema, na época em que mediam as terras, era o fato de estarem em uso diferentes unidades de medida nas diferentes partes da nação portuguesa. Para Fortes, as medições sempre deveriam ser feitas por Medidores formados sob a orientação e avaliação dos

---

<sup>485</sup>FORTES, 1993a, pp. 60-61.

<sup>486</sup>FORTES, 1993a, pp. 62-200.

<sup>487</sup>FORTES, 1993a, p.201.

engenheiros militares, uma tese cuja defesa retomará no final do segundo volume.

### VI.2.3 Livro III – Da Estereometria

A Estereometria é a parte da Geometria Prática destinada à medida de volumes. Como ocorre na Planimetria, se faz uso do volume de pequenos sólidos, como o cubo, para medir o volume dos grandes sólidos. Para dar clareza ao aprendizado, Fortes<sup>488</sup> começa ensinado o cálculo do volume dos corpos limitados por superfícies planas; em seguida, mostra como se calcula o volume dos sólidos limitados por superfícies curvas; e, por último, dá solução ao problema do cálculo dos sólidos limitados por superfícies planas e curvas, como os cilindros e os cones.

Os grandes corpos irregulares terão o volume medido aproximando por excesso, e por falta, do volume real dos volumes de corpos regulares. Quando os corpos irregulares são pequenos, o seu volume é medido através de um método prático<sup>489</sup>. O corpo cujo volume se deseja medir deverá ser submerso em um vaso cheio de água. A seguir, se recolhe a água que transborda e se determina o seu volume, que é igual ao volume do corpo submerso, o qual se desejava medir.

A medida dos volumes era uma importante medida para o cálculo do orçamento de uma obra. Com os orçamentos prontos, os Vedores gerais mandavam avisar aos empreiteiros e, na falta destes, se avisava aos Mestres de Ofício para que em certo dia se achassem prontos para arrematar tal obra. Quem arrematasse a obra pelo menor preço recebia adiantamento em dinheiro, e tudo deveria ser assegurado por um fiador apresentado pelo empreiteiro, cuja capacidade deveria ser examinada. Durante as obras, ainda se deveria estabelecer grande vigilância para que tudo fosse feito como tratado<sup>490</sup>. Não se

---

<sup>488</sup>FORTES, 1993a, pp.216-290.

<sup>489</sup>FORTES, 1993a, pp.279-281.

<sup>490</sup>FORTES, 1993a, pp.291-293.



deveria permitir o abuso dos próprios Mestres, Pedreiros ou Carpinteiros, de serem eles próprios os Medidores das obras dos seus ofícios devido à falta de Medidores no Reino. Isso deveria ser combatido por causar prejuízos à sua Majestade. Para dar solução ao problema e para que o Rei ficasse bem servido, é sugerido<sup>491</sup> que no Reino deveriam existir Medidores de Profissão, e um Medidor-mor para examinar e passar cartas aos demais Medidores do Reino.

Os artesãos e engenheiros trabalhavam com desenhos que representavam, em tamanho menor, ou maior, o que seria construído. As medidas, quando eram retiradas diretamente do desenho, se faziam com o auxílio de uma escala fornecida no próprio desenho, o *petipé*, que nada mais era que uma linha dividida em certo número de partes iguais, que significavam braças, palmos, ou polegadas, e linhas. Uma fortificação poderia ser representada em planta acompanhada de *petipé*, o que permitia que se fizessem as medidas sobre a planta. A maneira de se construir um *petipé* foi ensinada<sup>492</sup>.

Os corpos sólidos, segundo Fortes<sup>493</sup>, poderiam ser feitos de seis metais diferentes: ouro, chumbo, prata, cobre, ferro e estanho. Para um mesmo peso, eles teriam volumes diferentes, assim como teriam pesos diferentes com volumes iguais. Para dar resposta a esta questão, foi construído o *compasso de proporção*, de uso bem simples. Seja, por exemplo, dada uma bala de ferro, e queremos saber o diâmetro de uma de chumbo que tenha o mesmo peso. Primeiro deveremos abraçar a bala de ferro com o compasso de proporção, fazendo com que os braços do compasso tangenciem a esfera de ferro no local onde, em um deles, está marcado o símbolo do ferro (Figura VI-91). Para finalizar, mantendo a abertura do compasso, se faz a medida do afastamento dos braços do compasso a partir do local onde existe o símbolo do chumbo, que será igual ao diâmetro da bala de chumbo que tem o mesmo peso que a bala de ferro. O compasso de proporção era uma ferramenta de grande utilidade para resolver rapidamente, sem cálculos, problemas que relacionam

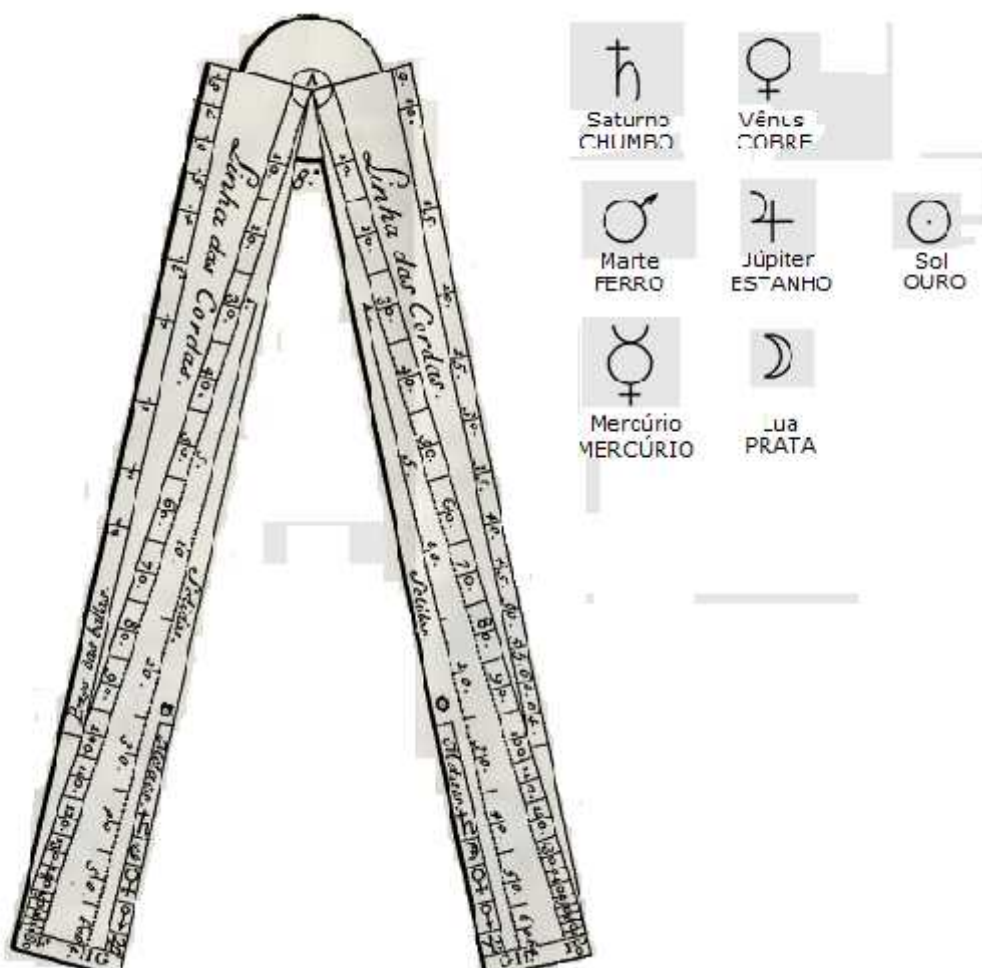
---

<sup>491</sup>FORTES, 1993a, p.295.

<sup>492</sup>FORTES, 1993a, p.337.

<sup>493</sup>FORTES, 1993a, p.362.

massa e volume de diferentes balas de metais. Os lados exteriores do compasso de proporção costumavam ter gravadas duas linhas, uma do calibre das peças de Artilharia e outra do peso das balas de ferro, o que era, na opinião do autor, um recurso de pouca utilidade em Portugal, porque melhores resultados eram obtidos em outros instrumentos mais úteis para esse fim.



**Figura VI-91:** Na estampa 6, figura 6, é mostrado o compasso de proporção (Fonte: Fortes, Manoel de Azevedo. *O Engenheiro Português*. Edição fac-simile da edição de 1728, imprensa Nacional-Casa da Moeda, 1993, tomo 1).

A bússola é um instrumento que serve para dar direção e orientação. A pedra de cevar, como era denominado na época um ímã natural, podia ser encontrada nas minas do ferro, e sua virtude era se virar para os polos da Terra. Fortes afirma que ainda no início do século XVIII os filósofos não tinham descoberto a causa de tal comportamento<sup>494</sup>. A Terra seria uma *pedra de*

<sup>494</sup>FORTES, 1993a, p.388.

cevar, e para dar uma explicação para a origem das propriedades magnéticas, informa o que deveria ser o saber da época:

[...] consiste principalmente em ser homogênea, e ter um grande número de **poros cheios de matéria magnética** [o grifo é meu], que forma à roda dela uma espécie de turbilhão<sup>495,496</sup>.

Na ausência do oficial de Artilharia, seria o engenheiro militar que o substituiria, logo ele deveria ter um mínimo de conhecimento de Artilharia<sup>497</sup>:

Ainda que o perfeito conhecimento da Artilharia e de seus usos pertença particularmente aos oficiais da mesma faculdade, contudo não devem os Engenheiros ignorar esta Ciência, na qual é preciso que sejam ao menos mediocrementemente instruídos, porque se oferecem a cada passo muitas ocasiões em que devem suprir a falta dos oficiais de Artilharia.

O engenheiro militar deveria ser capaz de construir edificações, fazer levantamentos topográficos e confeccionar plantas e mapas. Os desenhos das plantas militares precisavam ser feitos seguindo as regras necessárias, o que ainda era uma arte que estava começando a se aprender e praticar no Reino<sup>498</sup>.

Nas Academias Militares dos Reinos do Norte, onde a Arte de fazer plantas militares se tinha apurado, aqueles que se destinavam à profissão de Engenheiro começavam primeiro aprendendo a desenhar; e entre eles, os que se mostravam bons desenhistas permaneceriam neste exercício durante alguns anos assistindo, nas províncias, aos Diretores das Províncias, que confeccionavam as plantas necessárias sobre o papel com linhas e *aguadas*, o que corresponderia ao uso de tintas para pintar o mapa segundo uma convenção de cores estabelecida por normas. Por exemplo, “as obras de pedra e cal nas Fortificações, que chamam alvenaria, se devem riscar, e lavar, ou dar

---

<sup>495</sup>FORTES, 1993a, p.390.

<sup>496</sup>Para o autor, o magnetismo ocorreria porque havia a penetração no corpo, através de seus poros, de um fluido magnético. Uma agulha de aço colocada no fogo teria seus poros dilatados o que facilitava a entrada no interior do corpo do fluido magnético que poderia ser fornecido por uma pedra de cevar colocada em contato com o corpo aquecido. Esta seria uma técnica de fabricação de agulhas magnéticas ou pedras de cevar artificiais. Para não perder a virtude de apontar para os polos terrestres, deve-se, de tempos em tempos, colocar as agulhas magnéticas e as pedras de cevar artificiais em contato com uma boa pedra de cevar (FORTES, 1993a, pp. 387-394).

<sup>497</sup>FORTES, 1993a, pp.406-410.

<sup>498</sup>FORTES, 1993a, p.410.

aguada de vermelho”<sup>499</sup>. O preparo das tintas mais usadas nos desenhos deveria ser feito pelo engenheiro. A este tipo de ensinamento o autor dedica as 43 páginas finais do Capítulo e, assim, encerra o seu curso de Geometria Prática.

#### VI.2.4 Apêndice – Da Trigonometria Retilínea

A trigonometria seria uma parte da Matemática que pertence à Geometria Prática, que ensina a resolver triângulos: divide-se realmente em retilínea e esférica<sup>500</sup>.

A geometria esférica não foi tratada por Fortes porque não seria um saber necessário ao engenheiro, e sim aos astrônomos e náuticos. O triângulo, a que se refere no estudo, sempre estará contido em uma superfície plana e que poderá ser totalmente descrito com o auxílio da trigonometria retilínea através das seis características que o compõem: três lados e três ângulos. Quando conhecemos, no mínimo, três das seis características, que não poderão ser apenas os três ângulos porque os ângulos não determinam os lados de um triângulo, poderemos descobrir, através do cálculo, as características restantes.

A trigonometria é desenvolvida utilizando-se um círculo com um raio dividido em cem mil partes iguais, o que determina a quantidade de casas decimais que existirão nas tabelas que fornecem o valor do seno de um ângulo<sup>501</sup>. Com esta divisão do raio, as demais figuras geométricas, inscritas no círculo, têm suas dimensões referidas. Por exemplo, o hexágono tem o lado igual ao raio da circunferência, com 100.000 partes, mas o triângulo equilátero terá lado com 173205 partes. Da mesma forma, o seno de 30 graus será igual a 50.000 partes, e o de 60 graus terá a dimensão de 86.602 partes. Com a definição de seno e tangente, Fortes mostra como se podem construir tabelas

---

<sup>499</sup>FORTES, 1993a, p.411.

<sup>500</sup>FORTES, 1993a, p.453.

<sup>501</sup>O autor não faz uso do conceito de cosseno de um ângulo. As proposições que demonstra se referem ao seno, à tangente e à secante de um ângulo. O texto ensina a fazer tabelas de senos, tangentes e secantes (FORTES, 1993a, pp.475-480).

de seno e tangentes utilizando o círculo cujo raio está dividido em 100.000 partes.

Em uma época em que não existiam máquinas de calcular, o uso dos logaritmos dos números, no lugar dos números, transformava multiplicações em soma, e divisão em subtração, que seriam operações mais simples, mais rápidas e menos sujeitas a erros operacionais. O autor assim apresenta o que seria o logaritmo de um número:

Os logaritmos são certos números em progressão Aritmética, que correspondem a outros em progressão Geométrica, dos quais são chamados logaritmos<sup>502,503</sup>.

[...] Como era livre tomar qualquer progressão Geométrica, escolheram os inventores a progressão décupla; e para a Aritmética correspondente tomaram a progressão dos números naturais, de sorte porém que o primeiro número Aritmético fosse cifra, e este correspondesse ao primeiro Geométrico, que é a unidade, para facilitar o uso dos logaritmos, como se vê nesta tabuada, na qual se acha que o logaritmo de 1 é 0, o logaritmo de 10 é 1, o logaritmo de 100 é 2, o de 1000 é 3 e &c.[...]

NÚMERO <i>Progressão Geométrica</i>	LOGARITMO <i>Progressão Aritmética</i>
1	0,000000
10	1,000000
100	2,000000
1000	3,000000
10000	4,000000
100000	5,000000
1000000	6,000000

<sup>502</sup>FORTES, 1993a, p.481.

<sup>503</sup>A forma como Fortes definiu o logaritmo decimal de um número é muito interessante e distinta, considerando a definição mas usual. O logaritmo de um número positivo  $x$  na base 10 é definido pela expressão:  $\log_{10} x = r \Leftrightarrow 10^r = x$ , ou seja, o logaritmo de  $x$  na base 10 é o expoente ao qual devemos elevar o número 10 para obter  $x$ . O conceito de logaritmo foi introduzido pelo matemático escocês John Napier (1550-1617) e aperfeiçoado pelo matemático inglês Henry Brigg (1561-1630), que desenvolveu tabelas de logaritmos decimais. No passado, a descoberta dos logaritmos foi muito importante porque simplificava os cálculos excessivamente trabalhosos, principalmente da astronomia.

Só resta agora mostrar como se acham os logaritmos entremédios, entre 1 e 10, entre 10 e 100, entre 100 e 1000 &c., o que farei depois de explicar a natureza e propriedades dos logaritmos<sup>504</sup>.

O valor intermediário a dois valores de uma progressão geométrica se calcula pela média geométrica. Da mesma forma, utilizando a média aritmética, se calcula o intermediário a dois valores de uma progressão aritmética. Com este procedimento, Fortes ensina a completar a tabela de logaritmos. Por exemplo, entre 0,0000000 e 1,0000000 da progressão aritmética, o valor médio será 0,5000000<sup>505</sup>, e entre os valores 1 e 10 da progressão geométrica, o intermediário será o número 3,1622777<sup>506</sup>. Dando prosseguimento, acha-se a média aritmética entre 1,0000000 e 0,5000000, que será 0,7500000, e entre 10 e 3,1622777, que será 5,6234132. Em seguida, depois de um longo trabalho, a tabela de logaritmos estará pronta. O autor não esperava que este seria o método que seus alunos utilizariam para calcular o valor do logaritmo de um número, pois já existiam tabelas prontas. No entanto, para Manoel de Azevedo Fortes, era importante que o aluno conhecesse o longo trabalho daqueles matemáticos que fabricaram as primeiras tabelas de logaritmos<sup>507</sup>.

Dando prosseguimento ao estudo de trigonometria, Fortes apresenta uma longa série de resoluções de questões que deveriam servir para mostrar a utilidade do uso de tabelas, principalmente a de logaritmos<sup>508</sup>. Para encerrar o primeiro volume, o autor retoma, no Apêndice, o estudo da resolução de triângulos.

<sup>504</sup>FORTES, 1993a, pp.481-483.

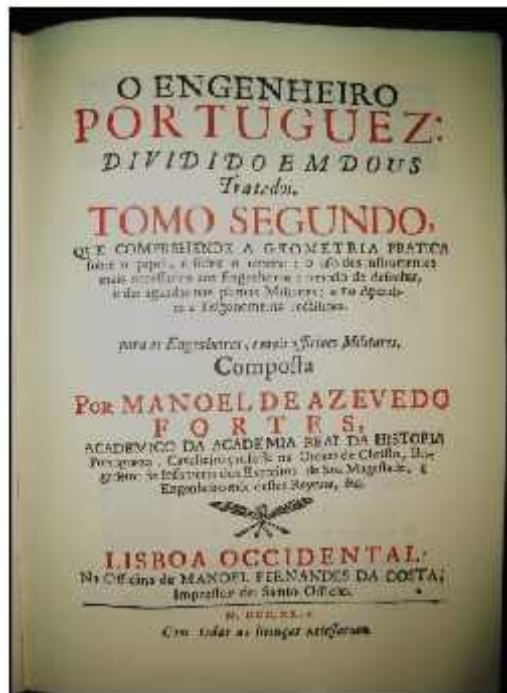
<sup>505</sup> $M.A. = \frac{1+1}{2} = 0,5$ .

<sup>506</sup> $M.G. = \sqrt{1 \cdot 10} = 3,1622777$ .

<sup>507</sup>Considerando que o engenheiro nem sempre teria uma tabela a sua disposição, saber construir uma tabela sempre será um aprendizado de grande valor.

<sup>508</sup>FORTES, 1993a, p.498-519.

## VI.3 Tratado II - Da Fortificação ou Arquitetura Militar



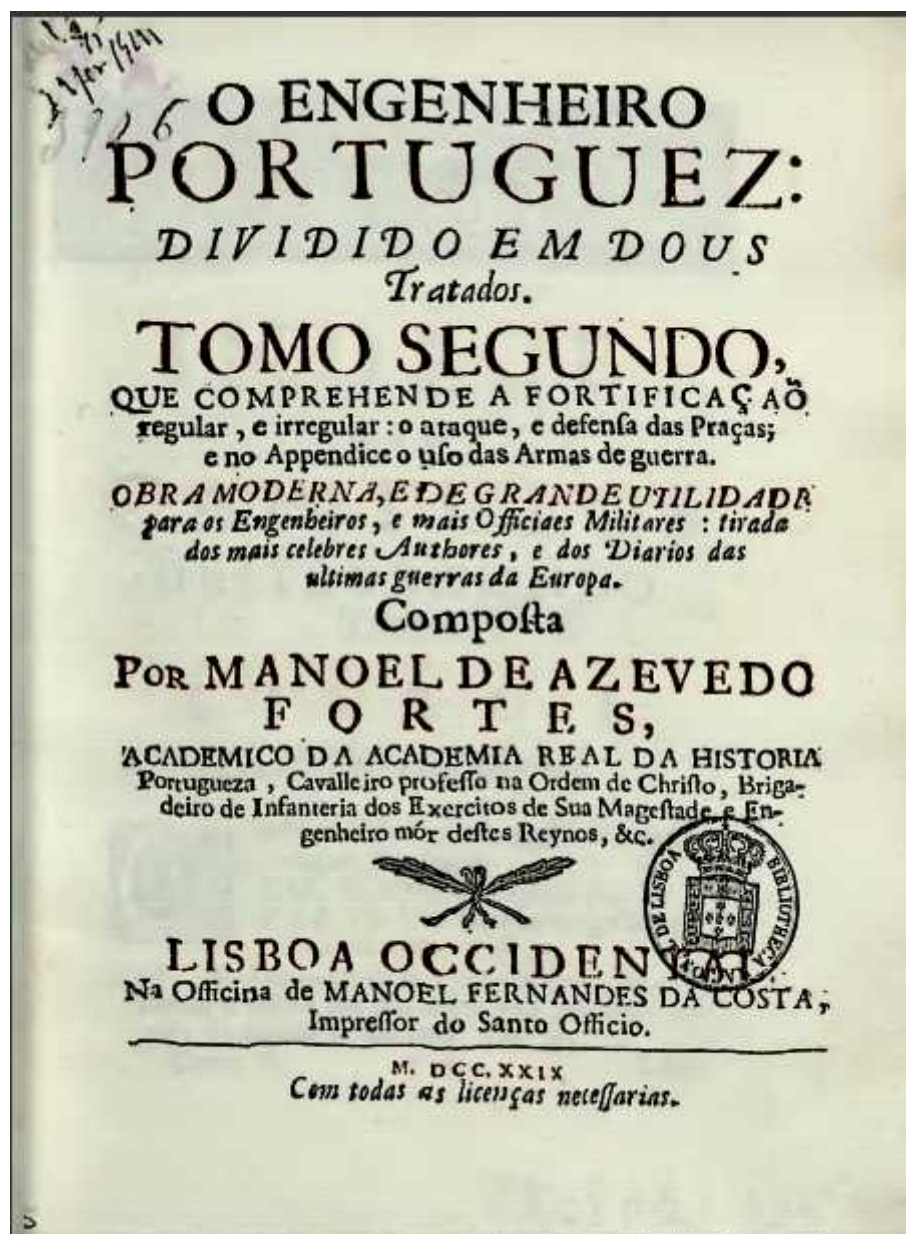
**Figura VI-92:** Frontispício do segundo volume de *O Engenheiro Português* (Fonte: Fortes, Manoel de Azevedo. *O Engenheiro Português*. Edição fac-símile da edição de 1729, Imprensa Nacional-Casa da Moeda, 1993).

### VI.3.1 Introdução

O segundo volume de *O Engenheiro Português*, impresso em Lisboa no ano de 1729, na Oficina de Manoel de Fernandes da Costa, Impressor do Santo Ofício, destinava-se aos Engenheiros e aos demais oficiais Militares. O conteúdo da obra, informado em seu frontispício da edição fac-símile, seria a Geometria Prática, sobre o papel e o terreno, o uso dos instrumentos necessários aos Engenheiros, o modo de desenhar e as aguedas nas plantas Militares; no apêndice, a Trigonometria retilínea, conteúdo que verificamos já ter sido tratado no primeiro volume. O impressor deve ter colocado erroneamente no frontispício do segundo volume o conteúdo do primeiro, porque o mesmo erro não existe no exemplar sob a guarda da Biblioteca de Lisboa (Figura VI-93). O texto do Tomo II estava dividido em oito livros e um apêndice, assim denominados: *Da Fortificação em geral; Da Fortificação regular; Das obras exteriores; Da delineação do Corpo da Praça, e obras*

exteriores; Da Fortificação irregular; Da Fortificação efetiva; Da Fortificação efetiva das Praças; Da Fortificação defensiva das Praças; Das Armas de guerra e seus usos, sendo este último o Apêndice, localizado no final do livro.

O engenheiro português, ao final dos seus estudos, deveria estar bem instruído para fortificar qualquer sítio, defendê-lo, e tomá-lo à força de *armas*.



**Figura VI-93:** Frontispício do segundo volume de *O Engenheiro Português*, edição de 1729 (Fonte: Cópia digitalizada do exemplar existente na Biblioteca Nacional de Lisboa, cota sa-3905-p\_2).



## VI.3.2 Livro I: Da Fortificação em Geral

### VI.3.2.1 Capítulo I: Da origem da Fortificação

Os homens, para se livrarem das feras ou de outros homens que os queriam dominar, fizeram fossos, cercas e muros. Os muros foram se aperfeiçoando e receberam torres, que tinham o defeito de não poderem ser defendidas do lado exposto à Campanha. Os muros foram elevados, ganharam grande altura para evitar as escaladas e eram defendidos dos sitiadores pelos arqueiros. O golpe do Ariete arruinava os muros, que para resistirem aos golpes, ficaram mais espessos. Os arqueiros passaram a ter um novo recinto de muros com suas ameias, também chamadas de *barbacam*, que eram aberturas no parapeito das muralhas do castelo ou fortaleza que permitiam aos defensores a visão dos inimigos. Com poucas modificações, essa foi a forma das fortificações até que surgiu a pólvora e o uso da Artilharia.

As armas se modificaram e modificaram as fortificações. Inicialmente as armas eram Arietes, catapultas, balestras, dardos, pedra, lenha e fogo. Nas minas, sob as muralhas, a lenha e o fogo<sup>509</sup> foram substituídos pela pólvora para derrubar as muralhas. As pedras se transformaram em granadas, os dardos em espingardas e mosquetes, as flechas em balas, os Arietes em canhões, as balestras em colobrinhas.

Nas fortificações, as cavas passaram a ser fossos largos, as ameias se tornaram grandes merlões, as seteiras viraram canhoneiras, os muros passaram a ter moderadas alturas, as torres se transformaram nos baluartes da mesma altura dos reparos. Os parapeitos ficaram grossos, e os terraplenos, largos. A mosquetaria e a Artilharia, em conjunto, serviam para defender uma fortaleza, e uma não resistia sem a contribuição da outra.

---

<sup>509</sup>Quando era possível, túneis sustentados por uma forte estrutura de madeira eram cavados sob as muralhas. A estrutura de sustentação colocada em chamas fazia o túnel ruir, o que provocava a queda de parte das muralhas e o surgimento de brechas que permitiriam o acesso das tropas invasoras.

### VI.3.2.2 Capítulo II: Das definições

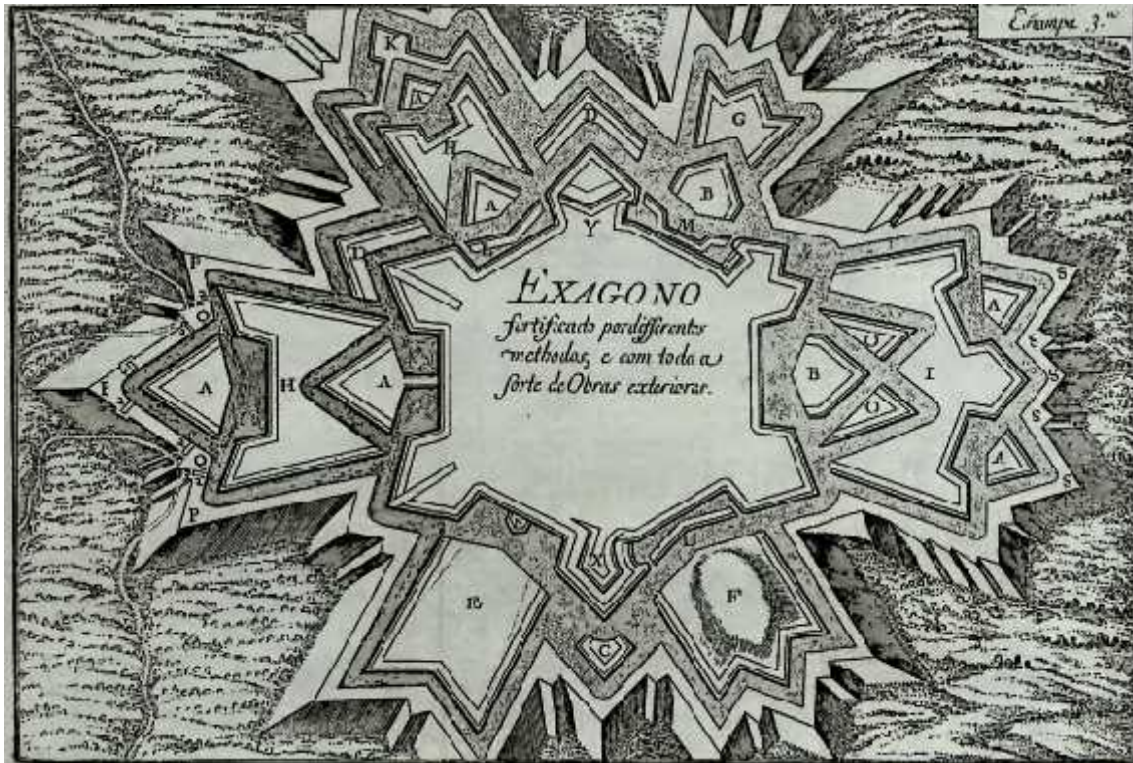
Os diversos significados dos mais variados termos, expressões e palavras usadas na Arquitetura Militar são definidos neste Capítulo<sup>510</sup>. O autor faz uso de diversas figuras em diversas estampas para facilitar o entendimento (Figura VI-94). A seguir, alguns exemplos:

- O *Fortificar* é o ato de cercar uma vila, cidade ou qualquer outro sítio, de tal forma que, com poucos defensores internos, se possa resistir ao ataque de muitos inimigos externos que chegam com seus exércitos poderosos. Da definição se conclui ser a defesa a estratégia mais econômica e também a mais aconselhável quando não se possui um grande exército. A boa defesa depende do número de soldados, da quantidade de munições e bocas de fogo.
- As *Fortificações* serão chamadas de *regulares* quando têm a forma de um polígono regular, caso contrário serão *irregulares*<sup>511</sup>. A forma de uma fortificação dependerá das diversas formas dos lugares, vilas ou cidades que serão envolvidos pela fortificação. A *Fortaleza*, de tamanho mais moderado, se destina a guardar um porto de mar ou sítio importante para a segurança de algum rio, cujos baluartes estão separados de 108 a 110 braças. O *Forte* é menor que a Fortaleza.
- As *Cidadelas* são umas praças menores, ordinariamente quadrados ou pentágonos, e servem para sujeitar os moradores para que não se revoltem e queiram entregar a Praça. Tal recurso é necessário nas Praças recentemente conquistadas, que têm o mesmo uso que os antigos Castelos.

---

<sup>510</sup> FORTES, 1993b, pp.7-30.

<sup>511</sup> As muralhas das fortificações determinavam o desenho de polígonos regulares ou irregulares. Os baluartes eram corpos de terra construídos nos ângulos do polígono, revestidos de muralhas, que tinham ângulos agudos, dando à fortaleza a forma de uma estrela.



**Figura VI-94:** Partes de uma Fortificação: **A-** Revelim; **B-** Revelim com flancos; **C-** Meia-lua; **D-** Contraguarda; **E-** Tenalha; **F-** Tenalha dobre; **H-** Honaveque (obra corna); **I-** Obra coroa; **K-** Obra corna coroadada; **L-** Tenalha moderna; **M-** Tenalha moderna com flancos; **O-** Contraguardas; **Q-** Praça de armas coberta; **P-** Ângulos salientes da entrada da Praça de Armas (cobertas) (Fonte: *O Engenheiro Português*, edição de 1729. Cópia digitalizada do exemplar existente na Biblioteca Nacional de Lisboa, cota sa-3905-estampa 3ª).

## URBANISMO MILITAR<sup>512</sup>

O urbanismo militar criou as Cidades para abrigar os Regimentos militares separados da população civil. Uma cidade sob o domínio militar era envolvida por muralhas e se transformava em uma gigantesca fortificação, regular ou irregular. A disciplina militar acabava por impor uma nova geometria ao espaço urbano, a *Geometria do Poder*. As ruas eram organizadas em quarteirões e amplos espaços vazios eram criados ao redor da Cidadela, áreas de segurança, que serviam para manter a população da cidade afastada dos muros da fortaleza. As muralhas geralmente procuravam envolver a cidade como um gigantesco pentágono, um imenso corpo humano cujos vértices representavam os pés, as mãos e, na extremidade referente à cabeça, a Cidadela. A cidade era organizada segundo os princípios geométricos propostos pelo arquiteto romano Vitruvius na sua obra *De Architectura*, que considerava a forma da figura humana a principal fonte para dar ordem às formas arquitetônicas.

<sup>512</sup>Os textos envolvidos por margens são complementares e não se referem à obra *O Engenheiro Português*.

A pequena vila francesa Vitry-le-François, que em 1590 foi envolvida nas guerras de religião, é um bom exemplo da Arquitetura Militar da Cidadela (Figura VI-95). A fortaleza pentagonal, a cabeça, reservava dois de seus baluartes para se impor à cidade e deixava os três restantes para oferecer proteção contra um inimigo externo. Tal estrutura da geometria do poder era um microcosmo do Estado, e quando fora do controle, poderia tornar-se um Estado dentro de outro Estado. Em 1590, o rei da França, Henrique IV, perdeu o controle sobre a Vila durante o período das Guerras de Religião. Em 1598, o Rei retoma o controle sobre a Vila e ordena que se corte a cabeça do corpo rebelde. A Cidadela da Vila foi, assim, destruída. No mapa de 1758 (Figura VI-96), o corpo já se apresenta sem cabeça.

Antonie de Ville (1596-1657), engenheiro militar francês, considerava o pentágono a mais racional das formas que se poderia dar a uma fortaleza. De Ville recomendava a forma pentagonal porque seus baluartes davam à fortaleza pontas com ângulos agudos, quase ortogonais, e propiciava amplas plataformas com bons acessos e um bom espaço interno para os alojamentos dos militares e para guardar as munições<sup>513</sup>.



**Figura VI-95:** Cidadela de Vitre-le-Fançois, como seria vista por um pássaro (bird's-eyeview) com sua fortaleza pentagonal desenhada por Claude Chastillon, c.1590. Conway Library.The Courtauld Institute of Art, London. (Fonte: POLLAK, Martha. *Cities at war in early modern Europe*. Cambridge, University Press, 2010, p.37).

<sup>513</sup>POLLAK, 2010, pp.9-49.



**Figura VI-96:** Vitry-le-François e suas redondezas. Mapa de autoria de Cassini, feito em 1758 (Fonte: A imagem está no domínio público e foi obtida em <http://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Cassini-Vitry-le-Fran>, acesso em 2/9/2011)

As partes da fortificação se representariam no papel<sup>514,515</sup> de três modos diferentes, os modos propostos por *Virtruvius*, que são mostrados na Figura VI-97: *Iconografia* (Figura1), *Ortografia* (Figura2), e *Cenografia* (Figura3). As três formas de apresentar uma obra na Arquitetura Militar são assim definidas<sup>516</sup>:

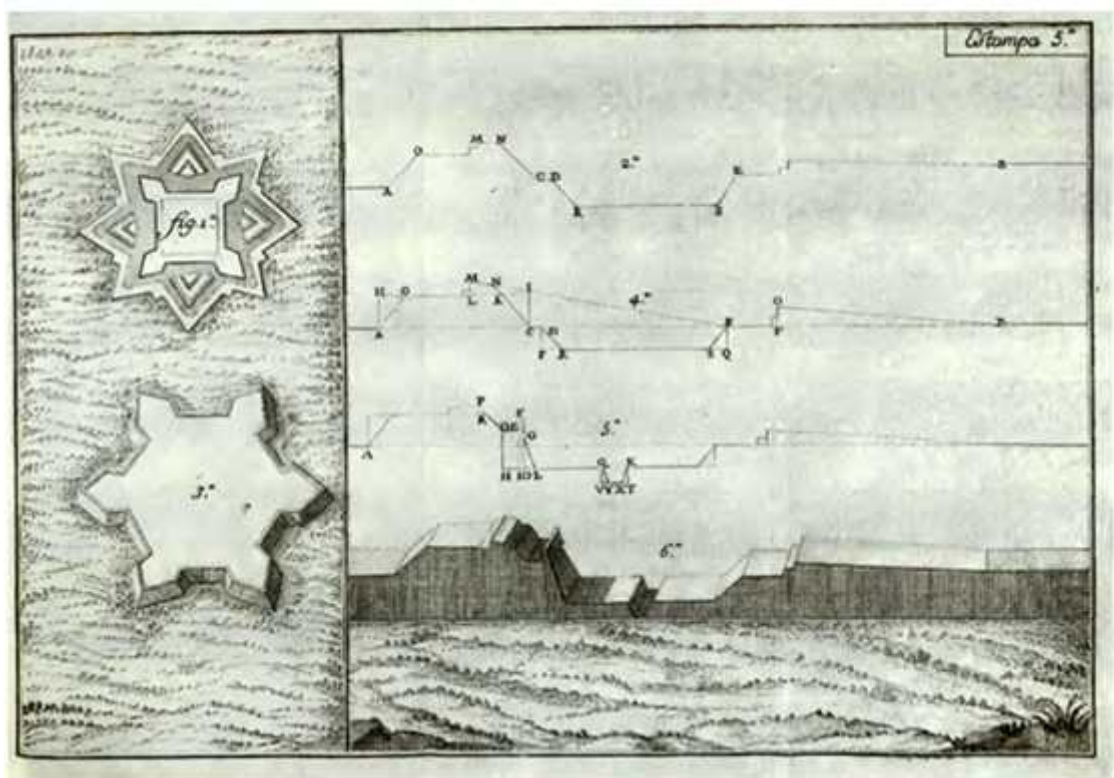
- A *Iconografia* é o modo de representar uma fortificação segundo o plano que ocupa sobre a terra, considerando-a cortada junto do alicerce por um plano paralelo ao plano do horizonte ou ao nível da Campanha; ou também imaginando-a levantada no ar, porque assim ela deixaria na terra os vestígios de onde fora tirada, e se conhecerão os comprimentos, larguras e ângulos. Este modo de representar se chama propriamente planta de uma fortificação.
- A *Ortografia* é o modo de representar as alturas e as grossuras das partes de uma fortificação: se considerássemos que uma fortificação é cortada por um plano perpendicular à sua base, o corte mostraria a grossura e a altura das partes: este modo de representar é o que propriamente chamamos de perfil, e é o que dá um perfeito conhecimento das obras já feitas ou das que se intentam fazer.

<sup>514</sup>A capacidade humana de imaginar permite que antes se represente sobre o papel o que será construído sobre o solo e vice-versa. O ato de fortificar uma vila, uma povoação ou uma cidade implica inscrever a região em um polígono, regular ou irregular. Assim sendo, ao engenheiro militar seria fundamental saber desenhar no papel bidimensional a fortificação que seria inserida num espaço tridimensional. Este aprendizado já tinha sido valorizado na obra de Luís Serrão Pimentel, *O Método Lusitano de Desenhar as Fortificações das Praças Regulares e Irregulares* (FLORES, 2008, pp. 279-293).

<sup>515</sup>A imagem não é a coisa em si, mas a ideia da coisa. A imagem permite que se estabeleça um diálogo sobre a realidade, mesmo na sua ausência, o que exige que se saiba ler os códigos empregados na construção da imagem. O engenheiro militar precisaria saber construir as imagens militares, o que correspondia a ter um aprendizado específico que foi valorizado por Fortes no texto de *O Engenheiro Português*.

<sup>516</sup>FORTES, 1993a, pp.28-29.

▪ A *Cenografia* é um terceiro modo de representar uma fortificação, muito usado por Engenheiros. As obras são desenhadas de tal modo que, de um jato [um rápido olhar] se lhe conheça a planta e o perfil ou elevação. A *Cenografia* é uma espécie de perspectiva chamada Militar, ou Cavaleira, em que as coisas representadas não alteram as suas proporções, e muito se distinguem da perspectiva rigorosa, que representa as coisas, não como são, senão como parecem à vista, e na qual se alteram as proporções das grandezas e a quantidade dos ângulos. Para se conseguir esta perspectiva militar, é necessário supor que a fortificação é vista de uma distância indefinida [indefinida], e o que o raio visual faz com o plano da campanha um ângulo de quarenta e cinco graus; e se deve advertir que, ainda que a representação da perspectiva militar, ou Cavaleira, seja naturalmente impossível (por não poder a força da vista alcançar uma distância indefinida [indefinida] sem perder os objetos), esta suposição não deixa de produzir um bom efeito, que é o de conhecer distintamente o que por ela se representa.



**Figura VI-97:** Os três modos diferentes de representar uma fortificação sobre o papel (Fonte: Fortes, Manoel de Azevedo. *O Engenheiro Português*. Edição fac-símile da edição de 1729, imprensa Nacional-Casa da Moeda, 1993, tomo 2).

Na Perspectiva Militar, um muro que tem espessura constante, assim deverá ser desenhado, não importando se no desenho final o muro estivesse distinto da maneira como seria visto. Na Perspectiva Cavaleira, o que importa é

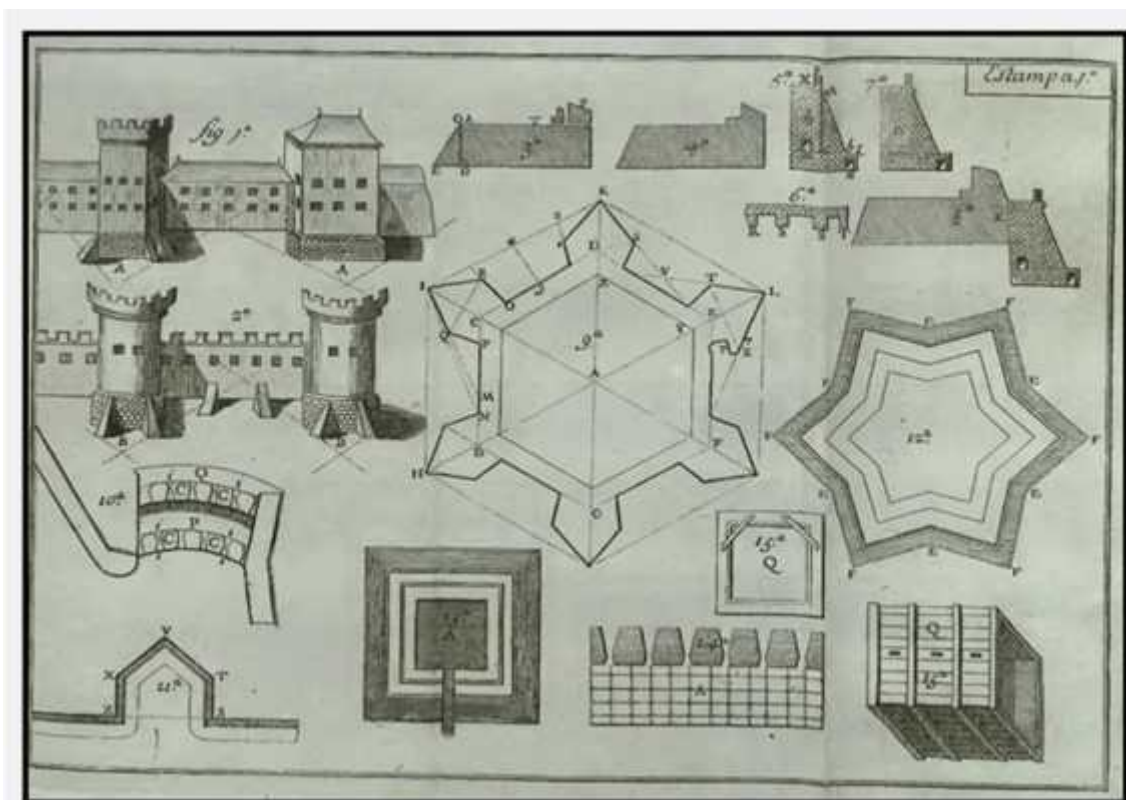
preservar a informação de que o muro tem uma espessura constante em toda a sua extensão.

### **VI.3.2.3 Capítulo III: Das Máximas gerais da Fortificação**

O saber, transformado em experiências bem sucedidas, é apresentado através de “Máximas”, que seriam fatos que não poderiam ser ignorados pelos engenheiros. Neste Capítulo, Azevedo Fortes apresenta doze máximas:

1. Que em todo o recinto de uma fortificação não haja parte alguma que não seja vista e defendida pela frente e pelos lados, ou ao menos por um dos lados, que é o fim principal a que se propõe quem fortifica.
2. Que a linha de defesa não exceda o alcance do mosquete.
3. Que todos os ângulos flanqueados dos baluartes, ou de outras quaisquer obras, não sejam nunca menores de 60°, e ainda para este há de obrigar a precisa necessidade.
4. Que a Praça seja igualmente bem fortificada por toda a parte.
5. Que todo o recinto da Praça, e todas as suas partes, assim flanqueantes como flanqueadas, sejam feitas com a grossura conveniente para resistir aos tiros de Artilharia.
6. Que as partes mais próximas do centro da Praça sejam superiores, isto é, mais elevadas do que as mais remotas.
7. Que as partes flanqueantes sejam o maior possível, sem prejuízo da Praça.
8. Que as Praças que, com menos baluartes bem flanqueados e bem defendidos contenham igual área, sejam preferidas às outras de maior número de baluartes.
9. Que os polígonos de maior número de lados dão maiores ângulos, que podem ser mais bem fortificados.
10. Que um triângulo é impossível de fortificar regularmente.
11. Que é mais agudo o ângulo do centro do polígono que se quer fortificar, tanto mais forte é a defesa e maior o número dos baluartes.

12. As demígonlas<sup>517</sup> grandes, sendo proporcionadas as mais partes, são as melhores.



**Figura VI-98:** Estampa I (Fonte: Fortes, Manoel de Azevedo. *O Engenheiro Português*. Edição fac-símile da edição de 1729, imprensa Nacional-Casa da Moeda, 1993, tomo 2).

### VI.3.2.4 Capítulo IV: Dos primeiros Engenheiros que mudaram a forma das fortificações antigas depois do uso da Artilharia

As diferentes soluções propostas por diferentes autores fizeram evoluir as diferentes regras com as quais se procurava dar a melhor solução aos problemas da defesa. Em meados do século XVI, eram os arquitetos italianos<sup>518,519,520,521</sup> que serviam ao rei da França. Na primeira metade do

<sup>517</sup> Demígola é aquela porção do lado do polígono interior de uma e de outra parte, tirada a cortina: o seu comprimento é a distância que há do ponto da cortina em que cai o flanco até o ângulo do polígono interior, como mostra a linha NB, ou CP, da Figura VI-98 Estampa 1, 9ª figura (FORTES, 1993a, 13).

<sup>518</sup> ADAMS, 1995, pp. 253-272.

<sup>519</sup> ROGERS, 1995, pp. 55-94.

<sup>520</sup> PARKER, 2008a.

<sup>521</sup> Com o uso de canhões contra as muralhas dos castelos medievais, nas guerras de sítio, em poucos dias brechas eram abertas nas muralhas, o que dava um desfecho rápido à guerra,



século XVII, afirma Fortes, eram os Países Baixos o teatro da Guerra da Europa, logo o local onde estavam centralizados os melhores construtores de fortificações, como Samuel Marolois, holandês, Adão Freitag [Adam Freitag], polaco, e Mathias Dogen, holandês. A nacionalidade dos melhores arquitetos da época nos mostra que o método holandês de fortificar tinha se tornado a vanguarda da técnica de construir fortificações. O rei de Portugal, D. João IV, em guerra com Castela desde 1640, precisou contratar engenheiros estrangeiros para construir fortificações que defenderiam as fronteiras com a Espanha. As fortificações portuguesas deveriam ter a modernidade da época, logo deveriam ser construídas seguindo o método holandês<sup>522</sup>. Os engenheiros foram contratados na França<sup>523</sup>.

*Simão Estivino* [Simon Stevin] (1548-1620)<sup>524</sup>, um grande matemático em seu tempo, flamengo, serviu de engenheiro ao Príncipe Maurício de Nassau. Como engenheiro construtor de fortificações, seguia o método dos italianos, ao qual introduziu pequenas diferenças e, por isso, o considerava um

---

antes que novos exércitos chegassem para ajudar na defesa da região sitiada. Em resposta ao uso das armas de fogo nas guerras de sítio, ocorreu uma verdadeira revolução na Arquitetura Militar, a qual começou na Itália, quando os arquitetos italianos propuseram uma nova maneira de construir fortificações, o *Traço Italiano*. A nova maneira de construir mantinha os canhões do sitiante afastados das muralhas, a uma distância que tornava ineficientes os impactos dos projéteis lançados pelos canhões contra as muralhas da fortaleza. Assim sendo, novamente a guerra de sítio voltou a demorar meses, e pequenos regimentos defendiam uma fortaleza contra o ataque de grandes exércitos (PARKER, 2008a; ROGERS, 1995, ADAMS, 1992).

<sup>522</sup>Em 1656, D. João IV cria a Aula de Fortificações na Ribeira das Naus, para a qual Luís Serrão Pimentel é designado como lente para ensinar a construir fortificações segundo o método holandês.

<sup>523</sup>FORTES, 1993b, p.38.

<sup>524</sup>Simon Stevin (1548-1620) nasceu em Bruges, Flandres, Bélgica atual. Trabalhou como guarda-livros em Antuérpia e balconista num escritório de cobrança de impostos de Bruges, antes de mudar-se para Leiden. Lá, entrou na escola para aprender latim; posteriormente, em 1583, ingressou na Universidade de Leiden, aos 35 anos de idade. Em 1593, alistou-se no exército holandês, onde permaneceu até o final de sua vida. Durante esse período, Stevin foi um excelente engenheiro: construiu muitas obras como moinhos de vento e portos. Aprofundou-se em estática e teoria da hidrostática. Stevin publicou onze livros, fez contribuições significativas à trigonometria, à geografia e à navegação. Em *Wereldschrift*, defendeu a tese de Copérnico segundo a qual o sol ocupava o centro do universo. Em 1585, publicou sua obra *De Thiende*, onde apresentou uma descrição elementar e completa sobre frações decimais. Embora não tivesse inventado os números decimais, pois já haviam sido usados pelos Árabes e pelos Chineses, foi ele quem introduziu sua utilização na Matemática Europeia. De particular importância foi a conceituação dos números reais - posteriormente aceita por praticamente todos os matemáticos - e a utilização de números negativos por Stevin. Os números imaginários, por outro lado, não foram aceitos por ele e isto atrasou o seu emprego na Matemática. Três anos antes de Galileu, em 1586, Stevin havia relatado que pesos diferentes caíam à mesma distância em intervalos de tempo iguais. Simon Stevin morreu em Haia, na Holanda, aos 72 anos de idade. (Fonte: <http://ecalculo.if.usp.br/historia/stevin.htm>, acesso em 3/9/2011).

novo método de construir, no qual levava mais em consideração o alcance da Artilharia que o do mosquete<sup>525</sup>.

Ao método holandês de construir de Freitag, Marolois e Dogen, e uma série de outros autores, muito pouco acrescentaram<sup>526</sup>. Um autor moderno de grande talento, mas anônimo, compôs um método de fortificar, que Fortes considerou ideal para Portugal. O método do Autor anônimo<sup>527</sup> foi composto considerando as obras de Antonio de Ville (1596-1657); Blaise François (1604-1665), conde de Vauban; e Sébastien Le Prestre (1633-1707), marquês de Vauban<sup>528</sup>. Portanto, Fortes deixa claro que o Livro II do segundo volume de *O Engenheiro Português* foi escrito segundo o método do Autor anônimo.

O engenheiro da Escola Flamenga de arquitetura militar, Menno van Coehoorn (1641-1704), Barão de Coehoorn, General da Artilharia das Províncias Unidas, era considerado por Fortes o mais moderno dos autores. No entanto, seu método, editado em Amsterdã, em 1711, não seria adequado à topografia de Portugal, e suas construções eram de elevado custo<sup>529</sup>.

Os diversos autores, no século XVII (Figura VI-99), sempre adotavam, em parte, os métodos de outros autores, aos quais, acrescentando pequenas modificações, passavam a considerar o resultado final como uma nova invenção, um novo método de construir fortificações<sup>530</sup>. Assim sendo, pouco a pouco, a técnica de construir fortificações foi se aperfeiçoando. Nem mesmo Monsieur Vauban, considerado no início do século XVIII um dos mais importantes engenheiros militares da França, fugiu à regra. No texto de *Escuella de Pallas*, traduzido do castelhano para o português por ordem de D. João V, que seria um levantamento histórico das diversas técnicas de construir

---

<sup>525</sup>FORTES, 1993b, p.38.

<sup>526</sup>FORTES, 1993b, p.38.

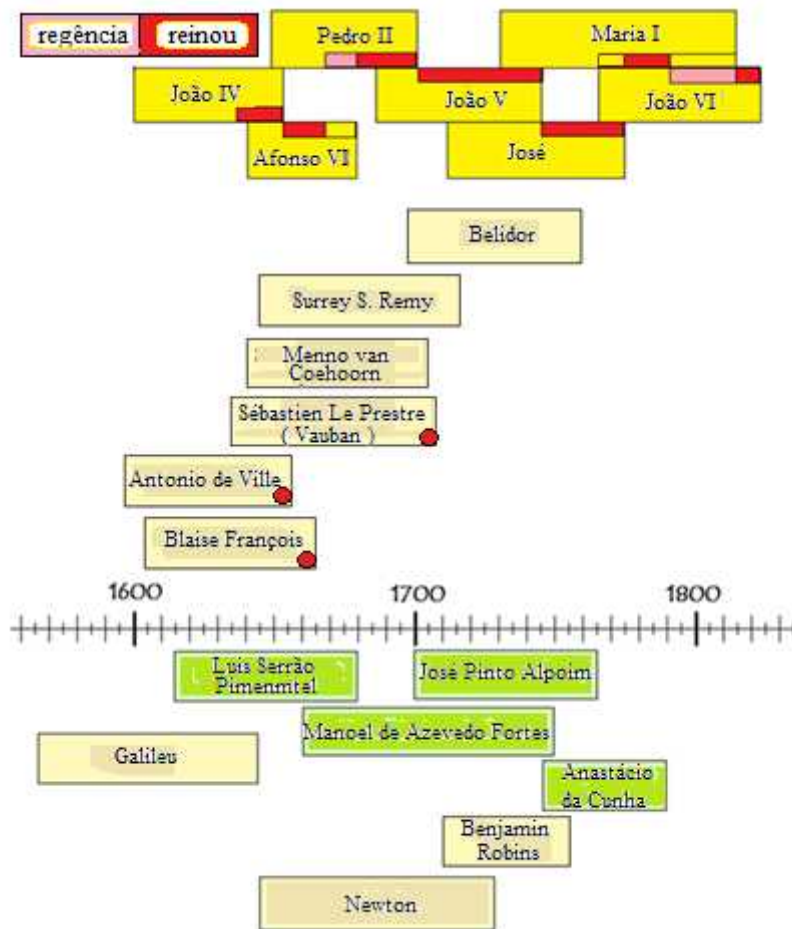
<sup>527</sup>Fortes se refere a ele no texto sempre como “o Autor anônimo”, e ao seu método como “Método dos Três Guias”.

<sup>528</sup>Também conhecido como Sébastien Le Prestre de Vauban.

<sup>529</sup>Como engenheiro-mor de Portugal, Fortes sempre expôs sua preocupação em bem servir ao rei, buscando o que atualmente denominamos como uma boa relação custo-benefício.

<sup>530</sup>“O Método dos Três Guias”, que foi adotado por Fortes como o melhor método para Portugal, após considerar custos e a topografia do país, não deixa de ser um novo método, o método português.

fortificações, se obtém a informação de que a técnica empregada por Vauban se originava na técnica dos engenheiros Italianos antigos<sup>531</sup>.



**Figura VI-99: LINHA DO TEMPO. Engenheiros Militares Portugueses (autores):** Luís Serrão Pimentel (1613-1679); Manoel de Azevedo Fortes (1660-1749); José Fernandes Pinto Alpoim (1700-1765); José Anastácio da Cunha (1744-1787). **Referências estrangeiras:** Galileu Galilei (1564-1642); Sir Isaac Newton (1643-1727); Benjamin Robins (1707-1751). **Engenheiros Militares estrangeiros (autores):** Antonio de Ville (1596-1657); Blaise François (1604-1665), conde de Vauban; Sébastien Le Prestre, marquês de Vauban (1633-1707); Surirey de Saint Remy (1645-1716); Bernard Forest de Beldor (1698-1761). **Dinastia de Bragança:** D. João IV (1604-1656; r: 1640-1656); D. Afonso VI (1643-1683; r: 1656-1683); D. Pedro II (1648-1706; regência: 1667-1683, reinou: 1683-1706); D. João V (1689-1750; r: 1706-1750); D. José I (1714-1777; r: 1750-1777); D. Maria I (1734-1816; r: 1777-1816); D. João VI (1767-1826; regência: 1792-1816; reinou: 1816-1826).

<sup>531</sup>FORTES, 1993b, p.39.

### **VI.3.2.5 Capítulo V: Dos sítios ou terrenos mais próprios para serem fortificados**

O tipo do solo e a sua topografia terão que ser considerados na escolha do melhor método a ser empregado quando se for levantar uma fortificação. Em cada caso existirão vantagens e desvantagens, que Fortes analisa no texto, considerando lugares altos; terreno plano; sítio pantanoso ou alagadiço; à borda do mar ou de algum rio grande; em uma ilha. A conclusão a que chega é que não existiria escolha que não apresentasse inconvenientes. No entanto, uma boa escolha para Portugal seria construir praças na borda dos rios. Mas, ao escolher o local da fortificação, nunca se deveria desconsiderar a temperatura do ar e a qualidade da água, porque essas duas coisas se não são de boa qualidade, em pouco tempo se arruína uma guarnição, principalmente se estiver sitiada. “O local escolhido deverá sempre oferecer condições desfavoráveis a quem faz um ataque, o sitiante, assim como deverá ser um local fácil para se prestar socorro à Praça quando estiver sitiada”. Para Azevedo Fortes, em Portugal, a Praça de Beja era uma escolha do sítio que reunia todas essas vantagens.

### **VI.3.2.6 Capítulo VI: Das medidas usadas nas Fortificações**

Em diversas nações da Europa, ou em uma mesma nação, se empregavam diferentes unidades de medida. A arte de construir fortificações se espalhou pela Europa e envolveu a circulação de engenheiros e mão de obra de diversas nações, o que fez das variadas unidades de medida um grande inconveniente. Em Portugal, as medidas mais utilizadas na Europa deveriam ser comparadas com aquelas que mais geralmente se usavam: o pé Geométrico, o pé régio da França, e o palmo (Tabela VI-8).

**Tabela VI-8:** O valor equivalente em pés régios, pés geométricos, das principais unidades de medidas de extensão utilizadas em diversos reinos da Europa no século XVIII, e os diversos tipos de palmos.

Verga	Usada nos Países Baixos e na Alemanha.	12 pés régios.
Percha	Os franceses utilizavam para medir os campos.	30 palmos.
Toesa	Usada na França.	6 pés régios.
Passo geométrico	Usado pelos engenheiros italianos.	5 pés geométricos.
Passo andante	Não tem medida determinada.	2,5 pés geométricos; 3 pés; 2 pés (o mais usado).
Vara	Usada em Valença e em Portugal.	4 palmos (Valença); 5 palmos (Portugal).
Côvado <sup>532</sup>	Usada em Valença e em Portugal.	2 palmos (Valença); 3 palmos avantajados (Portugal).
Braça	Usada em Milão e em Portugal.	10 palmos de craveira, e no uso da marinha apenas 8 palmos.

O palmo Grande e Pequeno, medida antiga romana, deu origem ao palmo Moderno Romano, ao qual tem referência o palmo Português. As suas diferentes medidas são mostradas na Tabela VI-9.

**Tabela VI-9:** As diferentes medidas do palmo.

Palmo Grande	Medida antiga romana que corresponde a mão estendida.	12 dedos; ou 9 polegadas do pé régio.
Palmo Pequeno	Medida antiga romana.	4 dedos; ou 3 polegadas do pé régio.
Palmo Moderno Romano	Medida moderna romana.	8 polegadas, 3 linhas e 5 partes.
Palmo Português	Medida portuguesa.	8 polegadas.

O pé Geométrico Romano e o pé régio de Paris eram tratados nas diversas nações da Europa como idênticos, mas de fato não eram, como mostra a Tabela VI-10.

<sup>532</sup>As medidas geralmente imitavam partes do corpo. O *côvado* era a distância do cotovelo até a ponta dos dedos da mão.

**Tabela VI-10:** As diferentes medidas atribuídas ao pé na Europa no século XVIII.

Unidade: Pé	polegada <sup>533</sup>	linha	parte
Pé de Amsterdã	10	5	3
Pé da Alemanha	10	11	3
Pé da Baviera	10	8	
Pé da Dinamarca	10	9	5
Pé da Polônia	13	2	
Pé da Inglaterra	11	3	
Pé de Castela	11	2	2
Pé de Savoia	16		
Pé de Veneza	12	10	
Pé da França (pé régio)	10	10	6
Pé Português (Introduzido pelos engenheiros franceses e aclamado por D. João IV como sendo 1 palmo e meio, que seria praticamente igual ao pé régio).	10	11	8

Os engenheiros italianos, no lugar do pé, preferiam usar a braça, que imitava o comprimento dos braços estendidos. No entanto, mesmo entre os engenheiros italianos, se verificava o uso de diferentes definições de braça, como se observava nas fortificações que construíram em diferentes cidades, as quais estão reunidas na Tabela VI-11.

**Tabela VI-11:** As diferentes medidas atribuída à braça pelos engenheiros militares italianos.

Unidade: Braça	polegada	linha	parte
Braça de Bolonha.	14		
Braça de Mântua.	17	4	
Braça de Milão.	22		
Braça de Parma.	20	4	
Braça de Florença, na Toscana.	20	8	6

Manoel de Azevedo Fortes não sabia a razão que levou os engenheiros portugueses a não utilizarem a braça portuguesa no lugar de outras unidades. Como a braça portuguesa equivale a 10 palmos, a braça e o palmo seriam as unidades mais adequadas ao uso dos números geométricos (sistema decimal), o que evitaria as complicadas reduções de pés a palmos. Provavelmente, na opinião de Fortes, os primeiros engenheiros deveriam querer complicar para fazer sua ciência misteriosa, usando medidas estranhas. No entanto, o autor fazia questão que seus alunos usassem a braça portuguesa e sua divisão em 10 palmos, polegadas e linhas, restituindo à nação o que era seu<sup>534</sup>.

<sup>533</sup>Na Inglaterra a polegada era dividida em 10 partes, ou linhas.

<sup>534</sup>FORTES, 1993b, p.54.

### VI.3.3 Livro II: Da fortificação regular<sup>535</sup>

Na busca de um ponto de perfeição na arte de construir fortificações, os engenheiros militares conceberam a Fortificação Regular, que era assim denominada por ser limitada por um polígono regular. A construção de tal fortificação apenas seria possível em terrenos livres.

O método de fortificar do “Autor anônimo” a que acima nos referimos, e que Fortes estabeleceu como método final a ser seguido em Portugal, considerava o método dos três autores e a contribuição de cada um deles à técnica de construir fortificações. Antonio de Ville superou os holandeses e foi superado por Blaise François, conde de Pagan. Por último, se considera o que escreveu Sébantien Le Prestre de Vauban, marquês de Vauban, que foi quem com melhor perfeição dominou a arte de fortificar<sup>536</sup>.

Um ponto em que os três autores concordam é que a extremidade do baluarte, para que possa ser bem defendido, nunca deve estar além do alcance do tiro de um mosquete, que a experiência mostrava ser cerca de 150 braças. O alcance eficaz do tiro limitava as dimensões da Fortaleza.

---

<sup>535</sup>O estudo detalhado e aprofundado da arquitetura militar foge ao escopo desta Tese. Portanto, apresentarei apenas uma sinopse do que tratam os livros II ao VI.

<sup>536</sup>Vauban se autodefinia como um estrategista, e não como arquiteto militar (POLLAK, 2010, p.50). Na opinião de ROBINS (1805, pp.23-25), eram dois os grandes gênios no que se refere às estratégias de ataque e defesa: *Goulon*, autor da obra *Mémoires sur l'Attaquer et La Défense des places*; e *Marechal de Vauban*, considerando o seu trabalho apresentado ao rei da França na forma de um *manuscrito*, que teve cópias enviadas para o exterior e foi publicado após quatro anos, na Holanda. Na arte de construir fortificações, ROBINS (1805, pp.23-25) e FORTES (1993b, p.40) não consideravam Vauban um inovador, mas sim Menno van Coehoorn (1641-1704), o qual consideravam ser o melhor. Coehoorn, membro da Escola Flamenga de engenheiros construtores de fortificações, foi inovador no método de construir fortificações regulares, examinando todas as possibilidades de ataque e defesa nas fortificações com a forma de pentágono, hexágono, heptágono e octógono. No entanto, na Escola Francesa, Sébantien Le Prestre de Vauban (1633-1707) foi a grande personalidade que ofuscou todos os outros engenheiros militares do período, e que originou o mito de que a fortificação abaluartada foi uma invenção francesa.

### **VI.3.4 Livro III: Das obras exteriores**

As obras exteriores de uma Praça são todas aquelas que se fazem da contraescarpa<sup>537</sup> para fora. As Praças que não as possuíssem seriam logo atacadas de muito perto. Com o afastamento do inimigo, suas operações de aproximação seriam retardadas, o que, em muitas ocasiões, permitiria a chegada do exército do Príncipe que faz levantar o sítio.

### **VI.3.5 Livro IV: Da delineação do corpo da praça, e obras exteriores**

Os engenheiros terão o trabalho poupado em cálculos enfadonhos se sabem as dimensões que devem ter as partes que compõem as fortificações. No livro quarto, como em um manual prático, as dimensões que deveriam ser aplicadas às diversas formas de fortificações são fornecidas para o uso do engenheiro.

### **VI.3.6 Livro V: Da fortificação irregular**

A Fortificação regular é apenas uma idealização. Os terrenos irregulares sobre os quais se constrói uma fortificação, ou mesmo uma muralha antiga pré-existente, torna irregular a forma do polígono que limita a fortificação. O engenheiro trabalhando fora das condições ideais precisava saber dar remédio aos problemas que com mais frequência encontraria. Neste sentido, para auxiliar o engenheiro, Fortes propõe os protocolos a serem seguidos pelo

---

<sup>537</sup> Independentemente, cada Forte ou Reduto deveria possuir as suas particularidades, mesmo que teoricamente todos seguissem um mesmo método de construir. Em perfil, uma praça abaluartada poderia ser composta pelos seguintes elementos, do interior para o exterior: a esplanada, o reparo (escarpa interior, terraplano, banqueteta, parapeito, que pode ter ou não o cordão), o fosso (berma, escarpa, cuneta, contraescarpa), o caminho coberto, a banqueteta, a paliçada e a esplanada exterior. (FONTE: [http://www.cm-loures.pt/m\\_FactosHistoricos5.asp](http://www.cm-loures.pt/m_FactosHistoricos5.asp), acesso em 2/9/2011).



engenheiro militar para dar solução aos diversos problemas próprios das fortificações irregulares.

### **VI.3.7 Livro VI: Da fortificação efetiva**

Os engenheiros, ainda que bem instruídos, poderiam ficar embaraçados diante da diversidade de problemas práticos que necessitavam saber dar solução. Por esta razão, o sexto Capítulo é, na opinião de Fortes<sup>538</sup>, muito importante para o bom exercício da Arte, e os engenheiros deveriam lê-lo com toda a atenção<sup>539</sup>. Neste capítulo, se ensina ao engenheiro como deverá agir para construir a melhor fortificação no local escolhido pelo Príncipe: a melhor posição dos baluartes; como transferir para o solo as medidas de um projeto de fortificação existente no papel; como preparar a cal<sup>540</sup> que será misturada ao saibro e areia para unir as pedras das muralhas; como abrir o fosso e preparar os alicerces da construção, sabendo examinar qualitativamente a dureza do solo; as melhores madeiras para a construção; onde construir as portas da fortaleza e as pontes de acesso; como construir alojamentos, armazéns e paióis, tudo a prova de bombas. Em resumo, neste capítulo se ensina as técnicas de construção de uma fortaleza.

### **VI.3.8 Livro VII: Da fortificação ofensiva das praças**

Aos oficiais da Artilharia, que não tinham a atribuição de construir fortalezas, própria do engenheiro militar, Fortes recomendava que iniciassem seus estudos do segundo volume de *O Engenheiro Português* no Livro VII, que

---

<sup>538</sup>FORTES, 1993b, p.263.

<sup>539</sup>Por se tratar de um capítulo próprio para o construtor e arquiteto, o que foge ao escopo desta Tese, não será feita análise do seu conteúdo.

<sup>540</sup> Como faziam os antigos, Fortes recomendava que a cal antes de ser usada permanecesse em tanques coberta de água por um ano, ou mais, de onde seria retirada e misturada ao saibro e a areia. Nunca a água salgada poderia ser utilizada neste preparo e a cal sempre deveria ser utilizada fria (FORTES, 1993b, p. 276).

inicia com o estudo das técnicas de guerra para melhor fazer um ataque ou uma defesa de uma Praça. No entanto, não era um tema que o engenheiro militar pudesse ignorar porque, na ausência dos oficiais da Artilharia, era a eles que se entregava o comando. O conteúdo do Capítulo é o necessário, mas não o suficiente. Para uma boa formação o aluno deveria aprofundar seus estudos nas obras de outros autores. Como os estudantes portugueses geralmente não sabiam as línguas do norte da Europa, sugere Fortes<sup>541</sup> que os estudos de aprofundamento fossem feitos na obra de Antonio de Ville, que se achava traduzida para o português, ou na do autor da *Escola de Pallas*, em castelhano.

A fortificação ofensiva é aquela em que ocorre o sítio, ou ataque, e assedio, ou bloqueio, os quais são assim definidos por Fortes<sup>542</sup>:

A fortificação ofensiva é a Arte de sitiar e render. Quando uma Praça se ganha à força das armas, a esta operação se chama sítio ou ataque. Quando se ganha por fome sem força alguma, a cercando somente, para impedir que lhe não entrem socorros de viveres e impedindo que não saiam os moradores para fora, para que mais depressa se lhe acabem; a esta operação chamam assédio ou bloqueio [...]

Uma Praça também poderia ser tomada por surpresa ou por traição do seu governador, mas tais estratégias não foram analisadas pelo autor, que considera que tais matérias não se relacionam com a prática de um engenheiro.

Um exército, para entrar em um país inimigo e dar batalha, sua Infantaria e Cavalaria deveriam apenas ser acompanhadas pela Artilharia com o trem das peças de campanha. Mas, em caso de sitiar uma cidade, seriam necessárias peças grossas de bater, morteiros, bombas e tudo o mais que deve constar em um bom trem de Artilharia. Antes de percorrer um trajeto, este deveria ser bem conhecido<sup>543</sup>. Os locais onde se poderá obter água, onde se farão as paradas de descanso e todo o mais necessário devem ser preparados com

---

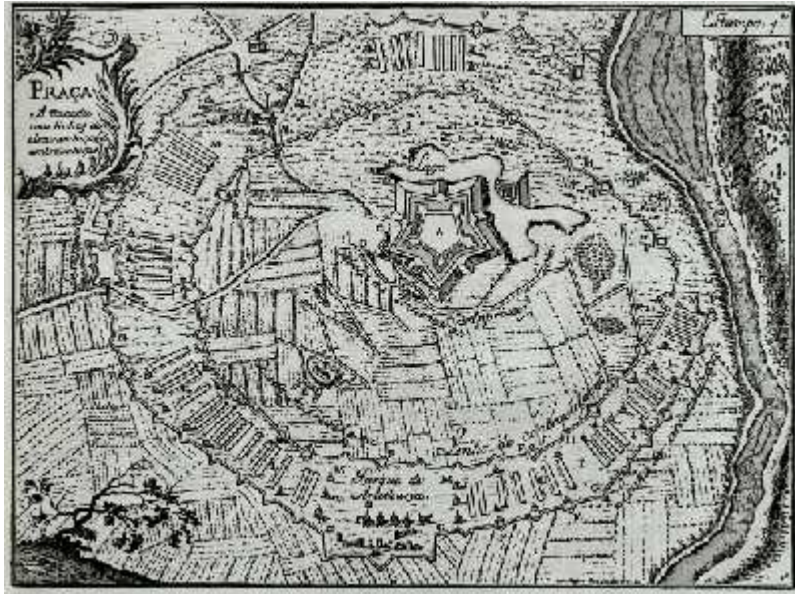
<sup>541</sup>FORTES, 1993b, p.322.

<sup>542</sup>FORTES, 1993b, p.321.

<sup>543</sup>A operação de fazer um grande exército percorrer distâncias em outro País será sempre de grande complexidade e elevado custo, bem maior do que aquele necessário à defesa. O custo da Guerra Moderna que envolvia grandes exércitos permanentes não era viável para a maior parte das nações, o que estabelecia o poder de poucos sobre muitos, mesmo em época de paz.

antecedência, sempre considerando a possível duração do sítio e as condições climáticas em que ocorreria<sup>544</sup>.

A aproximação da Praça que se quer sitiar, os *aproxés* ou *circunvalações* devem sempre começar fora do alcance do mosquete, onde as balas que chegam já estão bem enfraquecidas da possibilidade de causar danos<sup>545</sup> (Figura VI-100).



**Figura VI-100:**As tropas sitiadas eram mantidas durante o sítio protegidas de possíveis ataques por duas linhas de trincheiras, linhas de circunvalações, longe do alcance de um tiro de mosquete disparado da fortaleza sitiada. As aproximações das tropas sitiadas da fortaleza, os *aproxés*, eram feitas através de trincheiras cavadas no solo para dar proteção aos soldados. (Fonte: Fortes, Manoel de Azevedo. *O Engenheiro Português*. Edição fac-simile da edição de 1729, Imprensa Nacional-Casa da Moeda, 1993, tomo 2).

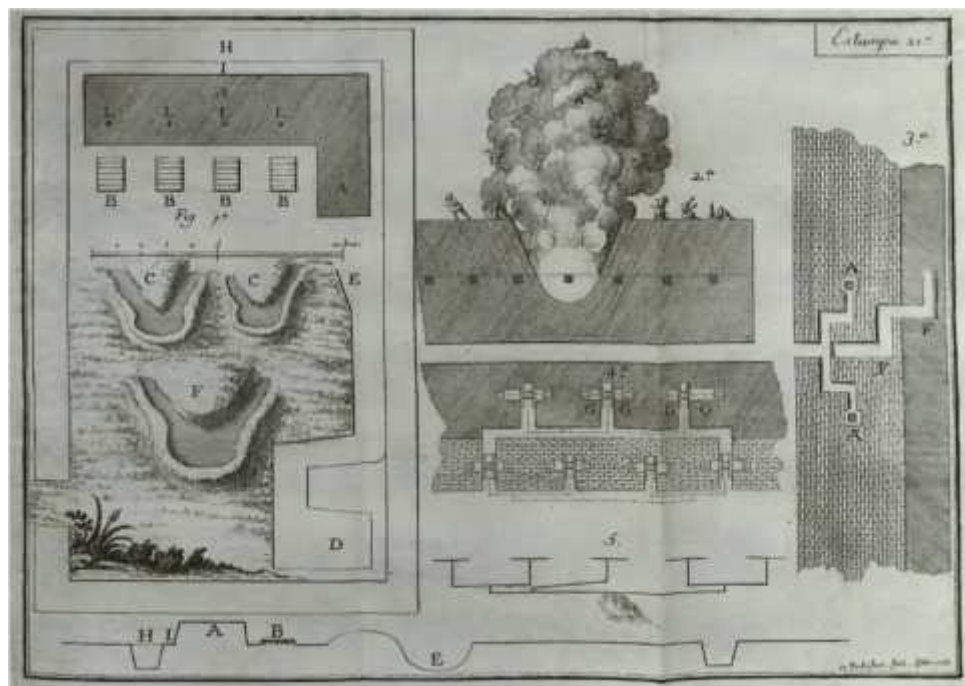
As peças de Artilharia seriam utilizadas durante a aproximação. Os tiros dos canhões e morteiros deveriam proteger os que trabalhavam nas trincheiras, assim como desmontar as baterias inimigas e arruinar as defesas. Os tiros dos canhões para arruinar as defesas não deveriam ser aplicados se as peças estivessem a mais de *140 braças*<sup>546</sup>, porque de outra forma as balas

<sup>544</sup>A movimentação de grandes exércitos exigia da nação uma capacidade administrativa mínima e de grande complexidade e elevados custos. Uma nação que por muito tempo se mantivesse em guerra ofensiva poderia ser levada à ruína financeira.

<sup>545</sup>Para combater o inimigo sitiante durante a sua aproximação da fortaleza, geralmente não se permitia que a população local fizesse qualquer construção ao redor das muralhas até a distância mínima que correspondia ao alcance do tiro do mosquete, o qual era uma arma fundamental ao sistema de defesa da Praça (POLLAK, 2010, pp.15-19).

<sup>546</sup>A distância de 140 braças correspondia ao alcance do tiro eficiente das peças de Artilharia. Os bombeiros, diferentes dos artilheiros, usavam morteiros que lançavam bombas a distâncias

não teriam força para arruinar as defesas<sup>547</sup>. Os morteiros e as peças de artilharia sempre deveriam ser posicionados onde suas bombas e as balas pudessem fazer o melhor efeito. No caso dos morteiros, as bombas deveriam ser lançadas com pontaria certa sobre casas, armazéns ou mesmo sobre peças da Artilharia inimiga.



**Figura VI-101:** Uma bateria de morteiros deveria ser construída como é mostrado à esquerda. À direita há a representação de uma explosão de uma mina e como deveriam ser construídas as galerias até uma posição sob o alvo. (Fonte: Fortes, Manoel de Azevedo. *O Engenheiro Português*. Edição fac-símile da edição de 1729, Imprensa Nacional-Casa da Moeda, 1993, tomo 2).

A melhor forma para construir as baterias dos morteiros seria aquela mostrada na Figura VI-101<sup>548</sup>:

1. A letra A representa o parapeito, e espaldões, quando lhe são necessários.
2. B, os leitos, que jogam os morteiros.
3. C, uma forma de covas com suas rampas para o resguardo da pólvora que ali se reparte.
4. D, cova funda, e maior, onde está resguardada a maior parte da pólvora.

---

superiores a 140 braças. O tiro com alcance máximo não era do interesse dos artilheiros porque os projéteis dos canhões deveriam bater com força e ferir o alvo. O tiro eficiente do artilheiro, utilizando canhões, é diverso do melhor tiro do bombeiro, que utiliza os morteiros.

<sup>547</sup>FORTES, 1993b, p.355.

<sup>548</sup>FORTES, 1993b.

5. E, comunicação funda com seu cotovelo desta cova maior para a bateria.
6. F, cova funda para estarem nela as bombas.
7. G, as comunicações desta cova para a bateria.
8. H, foco, como nas baterias de Artilharia.
9. I, berma, ou releixo, para melhor se sustentarem as terras.

Os artilheiros, diferentes dos bombeiros, durante o sítio procuram fazer brechas nas muralhas da fortaleza sitiada com os golpes sucessivos dos projéteis da Artilharia. As *minas* colocadas sob as muralhas também eram usadas para jogar abaixo parte da muralha. Os mineiros combatiam em uma guerra subterrânea, cavando túneis, colocando minas sob o alvo e lutando como formigas. A tarefa dos mineiros exigia um aprendizado especializado, distinto daquele que se dava aos artilheiros e aos bombeiros<sup>549</sup>.

O Autor das memórias de Artilharia diz que a Arte de fazer as minas pede um grande conhecimento da força, da resistência das terras e que o mineiro não pode ignorar a Geometria e Fortificação, para julgar a altura, a largura, e grossura das minas, e das terras, ou muralhas, que houverem de levantar; e saber se hão de ter formadas as minas por linhas paralelas, horizontais, perpendiculares ou prumo.<sup>550</sup>

O mineiro deveria ser capaz de abrir no subsolo um túnel estreito até a posição desejada sob o alvo. Para chegar ao ponto onde colocaria a mina, o mineiro precisava saber movimentar-se no subsolo sem o auxílio de pontos de referência externos<sup>551</sup>. A bússola, o nível, o prumo e a medida de extensões eram as principais ferramentas do mineiro para construir no subsolo uma rede de túneis. No entanto, para causar uma explosão eficiente, o mineiro deveria estar ciente do tipo de solo no qual cavou o túnel para poder calcular o peso da terra que pretendia elevar com a força do explosivo. Um estudo experimental, através da tentativa e erros, conduziu alguns autores às conclusões que eram

---

<sup>549</sup>A formação de artilheiros e bombeiros, em Portugal e suas colônias, com o auxílio de textos escritos em português, apenas surgirá em 1744 e 1746, com as obras de José Fernandes Pinto Alpoim, discípulo de Manoel de Azevedo Fortes: *O Exame de Artilheiro* e *O Exame de Bombeiros*. A formação de mineiros com o auxílio de um texto manuscrito em português apenas surgirá na segunda metade do século XVIII, *Ensaio sobre as Minas*, escrito por José Anastácio da Cunha.

<sup>550</sup>FORTES, 1993b, p.366.

<sup>551</sup>A movimentação no subsolo se fazia através de um somatório de deslocamentos ortogonais.

repassadas aos mineiros. O autor das *Memórias da Artilharia*<sup>552</sup> ensina que a terra que se eleva pela força da explosão de uma mina corresponde àquela contida em um cone<sup>553</sup>, como aquele que é mostrado na Figura VI-101<sup>554</sup>. O peso da terra que se levanta com a explosão seria calculado considerando que existiriam quatro espécies de solo: saibro duro, ou terra-firme; barro firme; terra movediça; alvenarias velhas ou novas. O autor das memórias da Artilharia informou que as experiências que fez o conduziram aos resultados que estão resumidos na Tabela VI-12<sup>555</sup>:

**Tabela VI-12:** A carga de pólvora necessária para que uma mina elevasse uma braça cúbica de diferentes tipos de solo.

Tipo de solo	Volume (braça cúbica)	Carga de pólvora (arratel)
Saibro forte	1	12
Barro firme	1	17
Terra movediça	1	100
Alvenaria	1	24

A experiência mostrava que para elevar o dobro do volume de determinado tipo de solo não seria necessário o dobro da quantidade de pólvora. Uma quantidade menor que o dobro fazia o mesmo efeito. Não se podia calcular o valor exato da quantidade de pólvora necessária e só a prática e a experiência eram mestras.

Ao cavar um túnel no terraplano, o mineiro estaria sujeito à ação dos mineiros inimigos que procuravam cavar túneis e construir contraminas para combater a ação das minas. Nessa guerra subterrânea, os mineiros deveriam permanecer atentos aos ruídos.

O intervalo de tempo em que deveriam ocorrer as explosões nas câmaras após ter iniciado a ignição do pavio poderia ser controlado com o tamanho do pavio, denominado *salsicha*. Os comprimentos dos pavios

<sup>552</sup>Fortes não dá informações sobre a autoria da obra.

<sup>553</sup>Esta hipótese foi contestada por Anastácio da Cunha, autor do manuscrito *O Ensaio sobre as Minas*, sobre o que voltaremos a tratar no capítulo IX.

<sup>554</sup>FORTES, 1993b, p.368.

<sup>555</sup>FORTES, 1993b, p.369.

deveriam ser iguais sempre que se desejasse que diversas câmaras tivessem explosões concomitantes.

O término do trabalho dos mineiros determinava o momento de iniciar o ataque final. Porém, antes se oferecia ao sitiado a possibilidade de rendição e caso as condições da rendição não fossem aceitas, se fazia a explosão das minas e a abertura de brechas nas muralhas da fortaleza.

O exército vencedor nunca se retirava de uma Praça submetida pela força das armas sem antes estabelecer um Governador, um Sargento-mor, Ajudantes e demais oficiais de uma guarnição.

### **VI.3.9 Livro VIII: Da fortificação defensiva das praças<sup>556</sup>**

Na seção anterior se analisou como se atacaria uma Praça, uma atitude ofensiva. Nesta seção, a atitude é defensiva, e o objetivo será instruir os engenheiros do mínimo que precisam saber para defender uma Praça ou, no caso extremo, quando a capacidade de defesa se esgota, qual o protocolo que deveria ser seguido durante a capitulação da Praça. Aos mais curiosos, que pretendem um estudo mais aprofundado, Fortes recomendava que estudassem o que ensinou o Cavaleiro Antonio de Ville<sup>557</sup>.

O verdadeiro tempo de fortificar as Praças para a guerra não deveria ser na ocasião em que um ataque fosse iminente. Quando se prepara o inimigo para o ataque, o Governador deveria mandar sair da Praça toda a gente inútil e desarmar os moradores que não são vassalos naturais do Príncipe. Os paisanos que são vassalos deveriam ser misturados aos soldados pagos e usados para montar guarda. Não se deveria confiar nos vassalos sem antes dar alguns rebates falsos e observar se de fato acudiam às defesas.

---

<sup>556</sup>Neste Livro, no capítulo XI, encontraremos uma interessantíssima análise que Fortes faz ao procurar definir quais seriam as atribuições do engenheiro, segundo vários autores. Enquanto analisou a função e o prestígio do engenheiro na Europa e em Portugal, estabeleceu uma análise crítica sobre as causas que conduziram ao baixo prestígio, em Portugal, daqueles que se dedicavam às profissões de engenheiro e oficial da Artilharia.

<sup>557</sup>Um autor cujo texto estava traduzido para o português, como Fortes afirmou no capítulo VII.

Na Europa, inicialmente, os engenheiros estiveram incorporados na Artilharia e muito se ressentiam de seu pouco prestígio social. Os jovens fidalgos não eram atraídos aos estudos necessários à formação do engenheiro militar. Os filhos da nobreza não queriam se cansar em aprender uma ciência que não lhes daria nem mais lucro nem estima. Em Portugal, onde faltavam academias militares, pessoas menos aptas passaram a se incorporar tanto à Artilharia como à Engenharia e, na falta de Medidores, os engenheiros passaram a exercer tais atividades nas fortificações e nas obras públicas, o que os abatia ainda mais.

Na França de Luís XIV, segundo Vauban<sup>558</sup>, procurou-se aumentar a estima que os nobres manifestavam aos engenheiros e aos oficiais da Artilharia, incentivando os jovens da nobreza ao estudo da Arte Militar, o que significava que poderiam ter outras funções diferentes daquela que historicamente lhes estava reservada, a de homens de Armas. Os nobres na França não encontraram dificuldade para largar as armas e pegar os instrumentos de trabalho de um engenheiro para executar operações árduas e perigosas e ainda se dedicar aos estudos. Inicialmente, no entanto, a aridez do exercício da profissão de engenheiro lhes causava repugnância, mas com o passar do tempo passaram a ter o desejo de se igualar àqueles que como engenheiros se dedicavam aos estudos, ou até de os superar. A nova postura da nobreza conduziu naturalmente ao aumento do prestígio social de todos que eram engenheiros por profissão.

As academias militares da França davam a todos os oficiais uma boa formação na Arte de fortificar, atacar e defender as Praças, mesmo àqueles que não exerceriam a profissão de engenheiro. Os oficiais generais franceses passaram a ser os mais bem instruídos da Europa e alguns se tornaram engenheiros reconhecidos. Alguns oficiais, formados nas academias franceses, serviram ao rei de Portugal e mostraram ter muito saber e ciência. Monsieur Carle, que na França apenas serviu à Infantaria, em Portugal foi honrado pelo rei com o posto de Mestre de Campo General. Da mesma forma, o Brigadeiro

---

<sup>558</sup>FORTES, 1993b, pp.430-431.



de Infantaria João Massé<sup>559</sup> e Monsieur La Grave exerceram funções de engenheiros sem nunca as terem tido como profissão na França<sup>560</sup>. Ao exemplo da França, os membros da nobreza das principais nações da Europa também se dedicavam à Arte Militar. Mas, infelizmente, não era o que se verificava em Portugal. A contratação de oficiais estrangeiros para assumir os cargos do comando, que caberiam aos membros da primeira nobreza, era uma prática comum.

No tempo em que na França começou o uso das bombas, mandou Luís XIV criar um Regimento de Bombardeiros formado pelos melhores oficiais e soldados das suas tropas<sup>561</sup>. Por algum tempo, este Regimento teve grande prestígio. No entanto, a fadiga dos trabalhos nas baterias, a que eram submetidos os bombeiros, sempre sujos de pólvora, com o passar dos anos levou à fuga os candidatos ao ofício. Como consequência, surgiu uma espécie de desprezo social à função de bombeiro, o que também, pouco a pouco, começou a alcançar a todos os Artilheiros. O rei da França, ao ter notícia do fato, deu remédio à situação estabelecendo, por decreto, que dali em diante o Regimento de Bombeiros fosse chamado de Regimento Real de Artilharia, e os oficiais da Artilharia passassem a receber patentes equivalentes à dos oficiais da Infantaria. Dessa forma, o soberano ficou bem servido. Como na França, também os outros reinos do norte da Europa passaram a dar aos oficiais da Artilharia a mesma estima que davam aos da Infantaria.

Em Portugal, os primeiros cargos da República eram distribuídos entre os membros da primeira nobreza<sup>562,563</sup>, inclusive no comando do exército, sem

---

<sup>559</sup>O Brigadeiro João Massé, junto com o matemático Reverendo Padre João Batista Carbone, foram os escolhidos por D. João V para analisarem *O Engenheiro Português* e, como censores, poderiam recomendar, ou não, a publicação da obra de Manoel de Azevedo Fortes. Tal fato demonstra o reconhecimento, em Portugal, da qualidade da formação que Massé obteve na França.

<sup>560</sup>FORTES, 1993b, p.431.

<sup>561</sup>Como veremos nos capítulos em que analisaremos o *Exame de Artilheiros* e o *Exame de Bombeiros*, ambas obras de José Fernandes Pinto Alpoim, o conteúdo do curso de formação de bombeiros era superior ao de formação de artilheiros, e podemos até dizer que o nível de dificuldade desta última obra se igualava ao do curso de formação de engenheiros.

<sup>562</sup>HESAPANHA, 1994, p.308.

<sup>563</sup>Em Portugal, no século XVII, os filhos da nobreza ainda eram reconhecidos por fidalgos, o que na Espanha equivalia ao título de Cavaleiro. Como representantes das casas com Grandeza, os primogênitos das casas tinham acesso aos principais cargos e funções no Reino. Os demais filhos dos Grandes assumiriam outras carreiras de prestígio. No século XVIII, para que um fidalgo casasse, precisava ter rendimentos mínimos para se manter segundo se exigia

que possuíssem a Doutrina Militar. Desta forma, “nem Sua Majestade poderia ficar bem servida, nem eles poderiam adquirir grande glória”<sup>564</sup>.

Em 20 de julho de 1701, D. Pedro II decretou que os militares que se dedicavam ao estudo da Arte Militar nas Academias Militares das Províncias do Reino fossem preferidos nas promoções em relação aos que não adquiriram doutrina, assim como estariam nomeados Lentes para as ditas Academias. Mas, infelizmente, tal Decreto somente teve efeito na Província do Minho. Nas demais Academias, os engenheiros que deviam ser Lentes estavam ocupados na Guerra da Sucessão Espanhola. O referido Decreto foi enviado à Junta dos Três Estados, de lá passou às Vedorias das Províncias e, por descuido dos oficiais, não foi (como deveria ter ido) ao Conselho de Guerra para ter a sua devida observância a respeito da preferência<sup>565</sup>.

No final do texto do segundo volume de *O Engenheiro Português*, seu autor procurou deixar registrado quanto estava se empenhando para tentar modificar a condição de pouco prestígio em que se encontrava o ensino da Doutrina Militar e a profissão de engenheiro militar. Os Artilheiros eram poucos em Portugal e para formá-los em quantidade e com a qualidade que a modernidade da época exigia, faltava quase tudo. As Aulas Regimentais eram poucas e deveriam ser ampliadas, transformadas em academias militares. Ao rei, como engenheiro-mor, enviou a sugestão para que fossem criadas novas academias militares além das que já existiam: uma na Praça de Elvas, Província de Alentejo, e outra na Praça de Almeida, Província da Beira. Nas novas Academias deveria haver Lentes e Substitutos para ensinar a Arte Militar. Mas não existiam livros escritos em português que pudessem ser utilizados na formação de Artilheiros. Azevedo Fortes<sup>566</sup>, diante de tal necessidade, sugere ao rei D. João V a impressão do excelente manuscrito<sup>567</sup> do Tenente Coronel da Artilharia Francisco Vaz Vieira, a quem considerava como um dos mais inteligentes oficiais da Artilharia de toda a Europa.

---

aos membros da primeira nobreza da corte, os quais nunca poderiam ser propiciados por uma carreira militar (MONTEIRO, 2003, p.188).

<sup>564</sup>FORTES, 1993b, p.433-435.

<sup>565</sup>FORTES, 1993b, p.434.

<sup>566</sup>FORTES, 1993b, p.456.

<sup>567</sup>Não existe nenhum exemplar deste manuscrito nas bibliotecas e arquivos de Portugal. A referência que Fortes lhe fez é a única evidência que temos da sua existência no século XVIII.

Infelizmente a solicitação de Fortes não foi atendida. *Exame de Artilheiros e Exame de Bombeiros* foram as únicas obras do gênero publicadas na primeira metade do século XVIII, ambas de José Fernandes Pinto Alpoim. Através de decreto, o rei deveria declarar que, na ocupação dos postos militares, os engenheiros militares fossem preferidos ou tratados com igualdade e que precedessem uns aos outros pela antiguidade de suas patentes; e por ser a profissão dos engenheiros diferente da dos Medidores, que deveria passar a haver Medidores de profissão que, depois de examinados, seriam aprovados para atuarem nas obras das fortificações e nos edifícios civis. O decreto, na época em que Fortes terminou de escrever o segundo volume de *O Engenheiro Português*, já tinha sido aprovado na Junta dos Três Estados, no Conselho de Guerra e por alguns ministros, mas ainda aguardava a assinatura do rei. Como consequência do decreto, Fortes esperava que se iniciasse um novo tempo para o ensino militar e para os engenheiros militares em Portugal<sup>568</sup>.

A profissão das Armas seria um dos mais nobres empregos da República e dela se ocuparão os membros da primeira nobreza da Monarquia, e que tendo os engenheiros a maior parte nos perigos na guerra, devem por consequência ter a mesma estimação como, com efeito, têm e logram em todas as Nações bem disciplinadas da Europa.<sup>569,570</sup>

Ao finalizar sua obra, Fortes procurou estabelecer normas para o comportamento social e as obrigações do engenheiro militar português, um verdadeiro código de ética, considerando que no Reino não havia qualquer regimento com tal finalidade<sup>571</sup>.

#### **VI.4 Apêndice: Das armas de guerra e seus usos**

As armas de guerra fazem parte da história da humanidade, não importando se o uso tenha sido para a defesa ou para o ataque. A invenção da

---

<sup>568</sup>FORTES, 1993b, pp.434-436.

<sup>569</sup>FORTES, 1993b, pp.435-436.

<sup>570</sup>Vale notar que, apesar de Fortes reconhecer que na França de Luís XIV foi importante a valorização dos oficiais da Artilharia, e não apenas dos engenheiros militares, neste comentário o autor apenas se refere ao engenheiro militar.

<sup>571</sup>FORTES, 1993b, pp.439-443.

pólvora conduziu a maior parte das armas antigas ao desuso. A pólvora produziu armas terríveis. No entanto, muitos as consideraram menos mortais que as antigas armas que promoviam a aproximação dos guerreiros:

[...] foi esta invenção o mais terrível e pronto meio que os homens podiam achar para destruir o gênero-humano, ainda que muitos entendam que antes do uso da pólvora era maior a mortalidade dos homens nas batalhas e sítios das Praças; porque como para vencerem era preciso chegarem-se de perto uns aos outros, era grande o destroço em lugar que com as armas de fogo se atira de longe e **sem pontaria certa** [o grifo é meu]; e assim a maior parte das balas não fazem efeito algum<sup>572</sup>.

As armas de fogo assustavam com seu barulho e fumaça, mas no século XVIII ainda demonstravam pouca eficiência, como ficou evidente para Fortes na batalha em Albuquerque, na Estremadura (Figura VI-102)<sup>573,574</sup>:

As tropas portuguesas, sob o comando do General Conde das Galveas, no esforço de tomar o arrabalde, onde as trincheiras defendiam a Praça, receberam ordem de fazer marchar três Regimentos contra os inimigos. Porém, os Regimentos foram recebidos com uma poderosa descarga das armas de fogo do inimigo. Aos que assistiram de fora, pareceu que a metade dos soldados daqueles regimentos deveria estar morta, ou ferida. Mas, pelo que depois se soube, os mortos eram apenas quatorze e muito poucos os feridos.

---

<sup>572</sup>FORTES, 1993b, p.450.

<sup>573</sup>Em Portugal, até o século XIX, existiram duas comarcas ou províncias com o nome de Estremadura, criadas na Idade Média. Uma delas correspondia à região adquirida ao sul do rio Douro pela Reconquista de territórios aos muçumanos, que seria a região, grosso modo, que corresponde aos modernos distritos de Aveiro, Coimbra, Leiria, Lisboa, Santarém e Setúbal. A segunda Estremadura, à qual se refere Fortes, era uma região em conflito com a Espanha, na fronteira a leste de Portugal com a Espanha (distritos de Castelo Branco, Portalegre, Évora e parte de Beja). (Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Estremadura>, em 7/09/2011).

<sup>574</sup>O uso da metralhadora na Primeira Grande Guerra Mundial, uma arma terrível que exterminou milhares de jovens, modificou definitivamente o conceito de que no passado as guerras com armas brancas tinham sido mais mortais que as armas de fogo nas guerras modernas.



**Figura VI-102:** Tomada de Albuquerque, de autoria de Rochefort, 1729. A imagem mostra no primeiro plano, ao centro, o Conde de Galveas, que comandou o ataque. (Fonte: FORTES, Manoel de Azevedo. *O Engenheiro Português*. Tomo II, editado em 1729. Edição *fac-símile*, Imprensa Nacional – Casa da Moeda, Lisboa, 1993).

Muitos autores europeus atribuem a invenção da pólvora a um Frade Alemão, pelos anos de 1300. Porém, outros afirmam terem sido os chineses, o que também seria a opinião de Fortes<sup>575</sup>. As armas de fogo transportadas pelas Naus portuguesas, na época da descoberta das Índias Orientais, não causaram reação de novidade aos chineses<sup>576</sup>, os quais já as possuíam e deles os

<sup>575</sup>FORTES, 1993b, p.450-451.

<sup>576</sup>A constatação de que a pólvora e as armas de fogo tenham surgido também no Oriente, apresentada por Fortes, revela uma posição não eurocêntrica, o que não causaria estranheza ao leitor português, mesmo no século XVIII, considerando o vasto Império que Portugal

portugueses trouxeram dois exemplares que lançavam balas de mais de 90 quilos. Fortes afirma<sup>577</sup> que, em sua época, as duas peças de artilharia ainda existiam. Uma delas estava na ilha Terceira, e a outra na Torre de São Julião. A pólvora era preparada na fábrica em Alcântara, que era dirigida por Antonio Cremer em Portugal, com três composições diferentes, o que permitia classificá-la em três categorias: fina; entre fina; grosseira ou bombardeira (Tabela VI-13).

**Tabela VI-13:** Composição da pólvora portuguesa no início do século XVIII<sup>578</sup>.

	Salitre (arrates)	Enxofre (arrates)	Carvão (arrates)
Fina	6 [75%]	1 [12,5%]	1 [12,5%]
Entre fina	5 [71,4%]	1 [14,3%]	1 [14,3%]
Grosseira ou bombardeira	4 [66,7%]	1 [16,7%]	1 [16,7%]

Fortes afirmou que a pólvora portuguesa era a melhor da Europa. Para que soubessem avaliar sua qualidade, ele ensinou um teste qualitativo, de uso comum na época: queimando uma pequena quantidade de pólvora sobre uma tábua limpa, deve-se observar se esta queima toda e não deixa sinal algum. Neste caso, é boa. Se ficar sinal de terra é porque os materiais não estavam bem refinados, e se o lugar da queima ficar negro, é sinal de ter carvão em demasia. “Apenas é boa pólvora quando queima e sobe com violência, fazendo uma roda no ar”<sup>579,580</sup>.

Os primeiros mosquetes eram peças pesadas de ferro, incômodas de serem carregadas e que obrigavam o mosqueteiro a mantê-las apoiadas em uma haste no momento do disparo. A ignição da pólvora era feita com o auxílio do murrão, que deveria ser mantido sempre aceso, o que era difícil em um dia de chuva e inconveniente à noite, porque denunciava a sua localização ao inimigo (Figura VI-103). No início do século XVIII, esta arma já estava em

---

estabeleceu até as terras desconhecidas do Oriente. No entanto, em 1729, Fortes lançava, sem o saber, um grande tema para pesquisas no futuro, que deveriam ser feitas por aqueles que estudariam a história das ciências e das técnicas, como fez Joseph Needham, a quem já nos referimos no capítulo II.

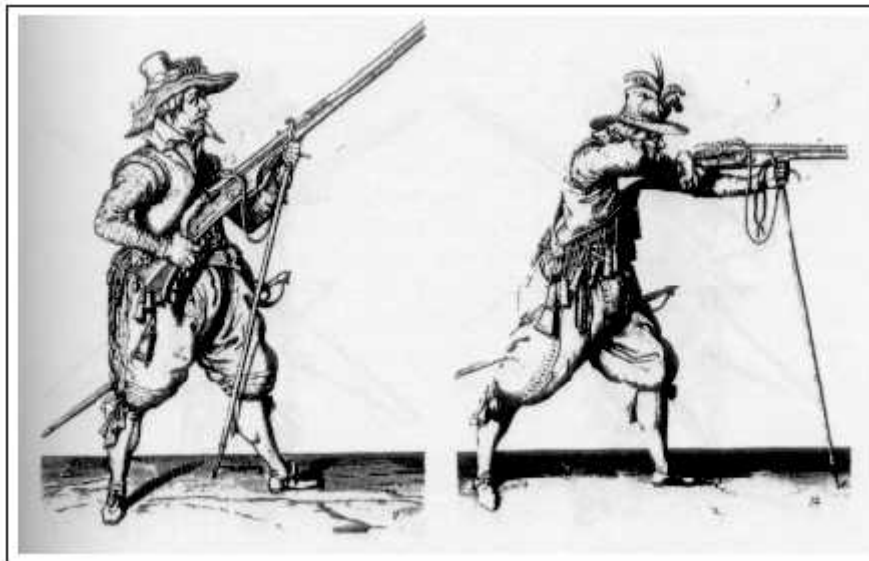
<sup>577</sup>FORTES, 1993b, p.451.

<sup>578</sup>FORTES, 1993b, p.451.

<sup>579</sup>FORTES, 1993b, p. 452.

<sup>580</sup>O teste para se qualificar a pólvora é o mesmo que também será descrito, mais tarde, nas obras de Alpoim e de Benjamin Robins.

desuso em Portugal, e existia em grande quantidade nos Armazéns, abandonada e sendo tomada pela ferrugem. Na opinião de Fortes<sup>581</sup>, os antigos mosquetes ainda poderiam ter bom uso. Como se fazia em outras nações, os artesãos poderiam adaptar às armas o fecho de pederneira (Figura VI-104), o que possibilitaria o seu bom uso na defesa das Praças, atirando apoiados sobre os parapeitos, quando o seu peso excessivo não seria incômodo ao soldado.



**Figura VI-103:**A figura mostra duas das quarenta e três imagens de Jacob de Greyn, que em 1607 ilustrou o livro que continha as posições prescritas por Maurício de Orange para dar treinamento de mosqueteiros. O mosqueteiro apoiava a sua pesada arma durante o disparo, que ainda não tinha fecho de pederneira, mas já possuía um sistema mecânico para movimentar o morrão, deixando livre a mão que nas primeiras armas era utilizada para segurar a ponta acesa do morrão (McNEILL, 1992, 137).



**Figura VI-104:**Fecho de Pederneira (Fonte: <http://ciencia.hsw.uol.com.br/armas-de-pederneira2.htm>, em 8/11/2011)

<sup>581</sup>FORTES, 1993b, p.453.

Os mosquetes ordinários, segundo Fortes, eram reconhecidos em Portugal apenas como *Armas*, o que permitia que fossem diferenciados das espingardas, que eram armas mais leves, utilizadas apenas para caça<sup>582</sup>. As balas utilizadas nas armas eram diferenciadas pela quantidade que delas seria necessário para se obter o peso de uma libra. Nos antigos mosquetes, o calibre da bala era de 16 balas por libra, enquanto nos mosquetes de uso mais comuns, as *Armas*, se fazia uso de dois calibres: 22 e 24 balas por libra<sup>583</sup>. Na extremidade destas armas se poderia fixar uma baioneta que a transformava em lanças, como os antigos *piques*, o que permitia que ainda tivessem utilidade mesmo quando o soldado já não possuía munição.

Uma fábrica de *Armas* [mosquetes]<sup>584</sup>, conforme informa Fortes, existia em Portugal sob a direção do Tenente General da Artilharia do Reino Fernando de Chagaray, que a mantinha com muito zelo, nada deixando a desejar às demais fábricas da Europa. Ela deveria, inclusive, ser tomada como modelo para as demais que existiam nos Armazéns do Reino<sup>585</sup>.

A palavra *Artilharia*, conforme explica Fortes, em sua época tinha diferentes usos, e nem sempre se referia a todas as armas de fogo, de diversos calibres. Artilharia poderia ser a denominação que se dava ao corpo de oficiais e soldados, chamados Artilheiros, que nos reinos do norte gozavam de maior prestígio que em Portugal, mas também poderia ser a Arte que se fazia com

---

<sup>582</sup>O arcabuz era uma arma menor que o mosquete, mais fácil de carregar, e que se tornou a arma mais utilizada e apropriada para o Brasil dos séculos XVI e XVII. O mosquete, apesar de mais pesado, era a arma preferida do soldado porque lhe dava um maior status e, como “mosqueteiros”, recebiam um soldo maior. Para Fortes, o que existia nos arsenais portugueses eram apenas mosquetes de dois tipos: *antigos*, os mais pesados e que, por não possuírem fecho de pederneira, estavam em desuso; e os que estavam em uso, mais leves e com fecho de pederneira. A todos os mosquetes Fortes denomina *Armas*, e os diferencia da *Espingarda*, porque esta não seria uma arma de guerra, utilizada apenas na caça. No entanto, o artesão ferreiro, que confeccionava e fazia manutenção dos mosquetes e espingardas, era reconhecido vulgarmente como *espingardeiro*, como vimos no capítulo dois, o que demonstra um conflito entre a linguagem vulgar e a utilizada entre os militares. No capítulo dois, optamos pelo uso que vários autores da bibliografia consultada deram à palavra *espingarda*, que a torna a denominação universal das armas que poderiam ser de uso militar (mosquete e arcabuz) ou de caça (espingarda), o que difere da classificação que Fortes deu a essas armas.

<sup>583</sup>FORTES, 1993b, p. 453.

<sup>584</sup>O historiador moderno deverá ficar atento com a denominação “fábrica de Armas” empregada por Fortes no início do século XVIII, que muito difere do que pensaríamos ser, à primeira vista, uma Fábrica de Armas.

<sup>585</sup>FORTES, 1993b, p. 454.



ciência, com várias regras e preceitos que ensinam a fabricar e bem usar as armas de fogo.

A peça de artilharia que, em conjunto com os mosquetes, compõe as principais armas dos sistemas de defesa, foi assim definida por Fortes:

A peça de artilharia era um instrumento, ou máquina<sup>586</sup> de bronze, ou de ferro, com a qual por meio de pólvora se atirarão balas para ofender os inimigos nos exércitos, arruinando-lhes suas trincheiras, e para arruinar nas Praças as defesas, ou parapeitos, com que se cobrem, e para derrubar as muralhas e abrir brechas<sup>587</sup>.

Como podemos notar, quando Fortes definiu a peça de artilharia, não evidenciou a sua capacidade de matar, mas sim a apresentou como uma máquina capaz de arruinar os equipamentos de defesa do exército inimigo.

A imagem do corpo humano, que muito influenciava a geometria do poder na Arquitetura Militar, ao que já nos referimos anteriormente, também interferia na nomenclatura das partes de uma peça de artilharia que possuía corpo e alma<sup>588</sup>.

Podemos dizer que uma peça de Artilharia é um corpo, que tem alma, veias e sangue. O corpo é o metal, bronze ou ferro. A alma é o seu vão cilíndrico, que assim se chama. As veias são as ligas dos metais, e o sangue é a pólvora, porque também quando esquentada a peça com a frequência dos tiros se sangra<sup>589</sup>, isto é, se lhe diminui a pólvora, que a violenta.

As armas de fogo empregadas pelos artilheiros e bombeiros eram variadas, como mostra a FiguraVI-105.

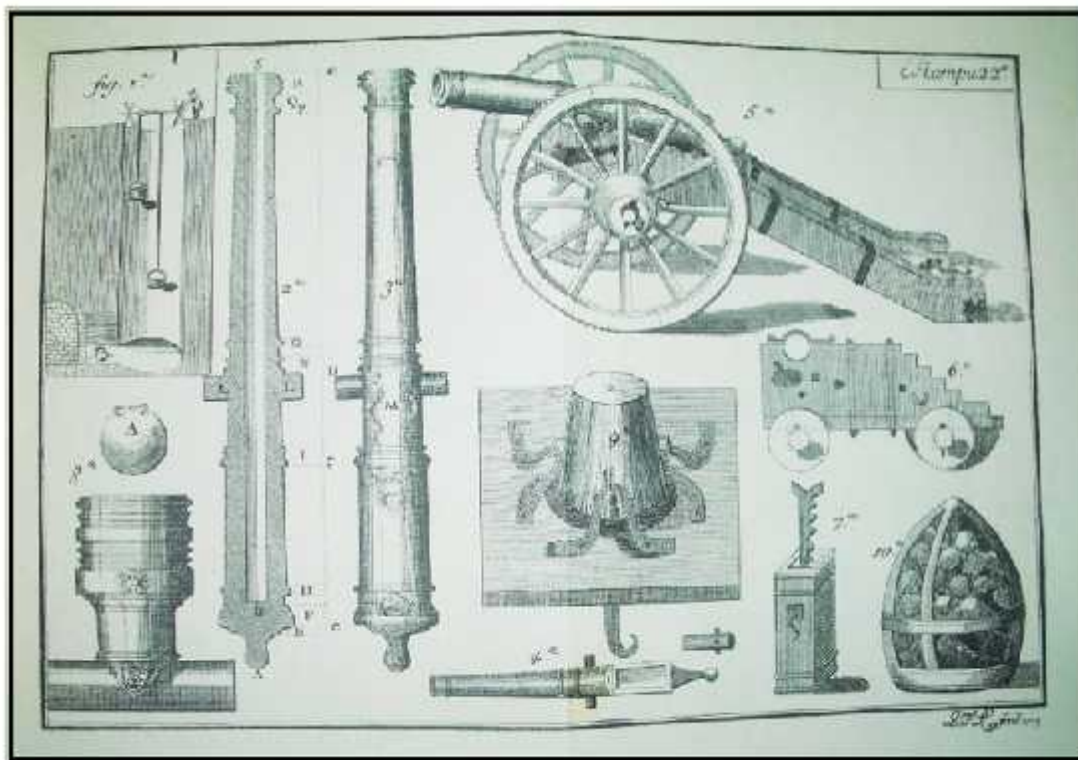
---

<sup>586</sup>O canhão identificado como uma máquina é uma característica da modernidade.

<sup>587</sup>FORTES, 1993b, p. 456.

<sup>588</sup>FORTES, 1993b, p.459.

<sup>589</sup>A palavra “sangra” aqui se refere ao ato médico reconhecido como “sangria”, que ainda era praticado na época, com o qual propositadamente se sangrava o paciente para livrá-lo do mal.



**Figura VI-105:** Os diversos artefatos empregados na Artilharia, Estampa 22 (Fonte: Fortes, Manoel de Azevedo. *O Engenheiro Português*. Edição fac-simile da edição de 1729, imprensa Nacional-Casa da Moeda, 1993, tomo 2).

As peças de artilharia eram de ferro ou de bronze, mas com as de ferro, avisa Fortes<sup>590</sup>, deveria haver uma grande vigilância a respeito do grande perigo que têm. Com uma talhadeira, o Artilheiro poderá cortar uma fita do ferro ou bronze que constitui a peça em um local que não lhe faça defeito. O ferro ou bronze deveria mostrar-se macio no corte. Mas se, ao receber o golpe da talhadeira, se mostrasse ríspido e saltasse com violência, se deveria tomar cuidado com a carga de pólvora que se dava à peça, porque com muita facilidade esta poderia rebentar. Azevedo Fortes mostrou no texto como uma peça poderia ser examinada em todos os seus detalhes: a posição dos munhões, o estado das superfícies, a posição do furo do ouvido em relação à câmara, a posição do furo do fogão. A necessidade de analisar e qualificar as peças, assim como as demais tarefas que deveria exercer o Artilheiro, obrigava-lhe a possuir instrumentos de trabalho específicos, os quais foram descritos por Fortes<sup>591</sup>.

<sup>590</sup>FORTES, 1993b, p.468.

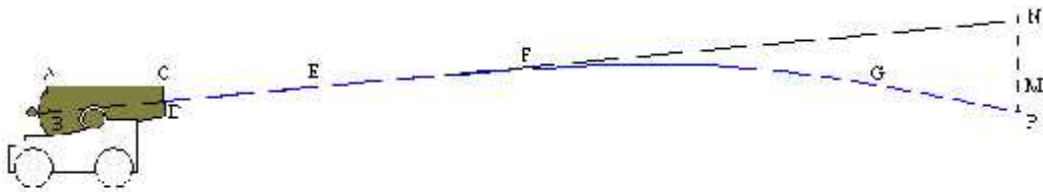
<sup>591</sup>FORTES, 1993b, pp.473-474.

A qualificação dos artilheiros se verificaria pela eficiência das armas a que serviam. O Artilheiro deveria saber apontar a peça para o alvo, considerando o alcance que poderiam ter os projéteis, o que determinava o efeito do projétil sobre o alvo. No texto, Fortes diferenciou cinco modos de apontar as peças. O primeiro, *pontaria de nivel* [nível]<sup>592</sup>, ocorre quando a alma fica paralela ao horizonte no momento do tiro. No segundo se faz a mira pelo raso dos metais, que se executa colocando sobre a peça uma régua. No terceiro, a pontaria é feita entre o raso do metal e o raso da alma, que se denominava *tiro dentro das pontarias* ou *dentro do ponto em branco*. No quarto modo, que eram os *tiros por cima da pontaria*, o raso da alma pode elevar-se a até 45 graus. No quinto e último, se atira *debaixo da pontaria de nivel* [nível].

### CINCO MANEIRAS DE APONTAR UMA PEÇA DE ARTILHARIA

Para ficar mais claro o que Fortes quis dizer sobre as formas de apontar uma arma, peço licença ao leitor para oferecer algumas explicações complementares.

A gravidade impede que a bala se movimente em linha reta, ao longo da direção determinada pelo eixo da peça. A existência da tendência no movimento da bala de buscar o centro da Terra faz com que, para se ferir um alvo, não baste dispor o eixo da arma na direção dele. A tendência de afastar-se da direção primitiva obriga o projétil a descrever uma curva para baixo, logo obriga o artilheiro a dirigir o eixo da alma, linha reta BDEFN (Figura VI-106), sempre por cima do alvo, a um ponto tanto mais elevado quanto maior for a distância a que se pretende lançar a bala.



**Figura VI-106:** A mira feita pelo raso do metal.

<sup>592</sup>Fortes não usa a palavra nível, mas sim *level*.

A mira feita pelo *raso do metal*, linha de mira natural, a reta ACEGM da Figura VI-106, como já foi visto, sempre será inclinada em relação ao eixo da alma, pois o raio da faixa alta da culatra, AB, tem maior dimensão que o raio do bocal, CD. A trajetória do tiro, a linha DEFPG, inicialmente se confunde com a linha de tiro, ou eixo da alma, BDEFN. A linha natural de mira intercepta a trajetória da bala no ponto E, a partir do qual o projétil descreverá uma trajetória por cima da linha de mira até que, em virtude da ação da gravidade, passa a descender e corta novamente a linha de mira natural no ponto G, denominado de *ponto em branco*, onde deverá estar o alvo. Logo, a mira pelo *raso do metal*, ou *mira natural*, é uma mira no *Ponto em Branco*.

Na *Pontaria de Nivel*, a trajetória da bala estará sempre debaixo da linha de mira, paralela ao eixo da alma (Figura VI-107). O alvo que será alcançado nunca esteve na linha de mira, o que desqualifica o ato de mirar.



**Figura VI-107:** Na *Pontaria de Nivel*, o alvo deverá estar abaixo da linha de mira.

Um exemplo de tiro em que o alvo foi antecipadamente mirado é aquele no qual o alvo é um ponto que coincide com o *Ponto em Branco*, o que corresponde a dizer que o artilheiro aponta a peça pelo raso de metal. Neste caso, se o alvo estiver ao nível da joia, como mostra a Figura VI-106, a linha de mira natural será horizontal, e o *ângulo de tiro* igual ao *ângulo de mira natural*, o ângulo NEM, formado pela interseção da reta ACEGM, linha de mira natural, com a reta BDEFN, eixo da alma.

Para atingir o alvo colocado além ou aquém do *Ponto em Branco*, deve-se dirigir a linha de mira natural a um ponto acima ou abaixo do ponto em branco, respectivamente. O aumento da inclinação<sup>593</sup> da linha de mira natural acima do

<sup>593</sup>As causas que podem determinar uma variação de elevação são várias: diferença de altitude entre o canhão e o alvo; vento atmosférico, translação do alvo; translação da plataforma; temperatura da pólvora; inclinação dos munhões; variação da densidade do ar; rotação da Terra (CARVALHO, Ayres de; 1920). Em Portugal, a complexidade da determinação da

horizonte permite que se aumente o alcance da bala, além do *Ponto em Branco*, até a inclinação máxima de 45°.

O artilheiro, ao apontar a sua boca de fogo para um alvo, não pode ignorar a trajetória da bala, assim como não poderá ignorar o alcance do seu tiro. Caso contrário, o tiro poderá ser desperdiçado, fazendo com que a bala caia em um ponto aquém ou além do alvo.

A falta de padronização dos equipamentos empregados na Artilharia fazia com que durante o uso das bocas de fogo não se conseguissem resultados idênticos para condições iniciais aparentemente idênticas. As condições de cada tiro eram únicas, logo não se conseguia generalizar resultados a partir das observações nem estabelecer regras confiáveis. Cada tiro era único. O alcance do tiro de uma determinada espécie de arma, por exemplo, não era previsível.

Ao escrever sobre o alcance de um tiro, FORTES<sup>594</sup> afirma:

Não se pode facilmente determinar o que alcançam as peças de Artilharia pelas suas pontarias, por ser coisa, que **não pode ter demonstração**<sup>595</sup>[o grifo é meu]; e só se tem tentado averiguar com várias experiências, das quais não resultou certeza alguma; antes atirando vários Artilheiros com peças de mesmo gênero, e espécie, e ainda com a mesma pólvora, se achou que os alcances eram todos diferentes, alcançando, umas mais, e outras menos, o que poderia suceder por serem umas peças mais ricas de metal que outras, por estar mais calcada a pólvora de uma, ou por ter maior elevação uma que a outra; porque a que tem maior elevação lança bala mais longe do que a que tem menor, e dos **45 graus para cima tornam a ir enfraquecendo os tiros**; e assim **não há regra certa** [o grifo é meu] nesta matéria, e nos Autores poderá ver o curioso a grande variedade de opiniões sobre os alcances das peças.

---

pontaria foi ignorada até o início do século XVIII, fato que certamente contribuía para a ineficiência da Artilharia.

<sup>594</sup>FORTES, 1993b, p.478.

<sup>595</sup>A formação de Fortes, reconhecido como um dos fundadores da engenharia portuguesa, praticamente impede que se conclua que ignorava a obra de Galileu. A palavra *demonstração*, como está citada no seu texto, deveria ser considerada no sentido de *demonstração experimental*. Mas, no prosseguimento do texto, não fica claro se este seria o sentido que Fortes desejou dar à palavra.

A trajetória do tiro seria imprevisível<sup>596</sup>. O aumento do alcance ocorre à medida que se aumenta a inclinação do eixo do canhão, até que seja máximo quando a arma está elevada de 45°. Este seria um fato empírico, e Fortes afirma que não admitia regra<sup>597</sup>.

Os bombeiros, que são os que lançam bombas utilizando morteiros, fazem uso de peças curtas, que têm ordinariamente os diâmetros da boca de 12 até 13 polegadas, e estes são os maiores morteiros (Figura VI-105, 8ª). A maneira como se compõem os morteiros é a mesma das peças de Artilharia, isto é, eles também são feitos de ferro ou bronze. Os utilizados para sitiar as Praças são de bronze porque são menos pesados, logo são mais fáceis de transportar<sup>598</sup>.

O morteiro lança uma bomba, que é uma espécie de bala vazia por dentro, que se enche de pólvora e recebe um pavio que irá arder vagarosamente. Para bem apontar os morteiros, afirma Fortes<sup>599</sup>, “serve mais a experiência do que as regras Matemáticas”. Com uma esquadra, que corresponde a um quarto de círculo, se mede a elevação do morteiro, que será corrigida conforme a bomba caia além ou aquém do alvo<sup>600</sup>.

Os morteiros, que se servem nas galiotas de bombas e em algumas Praças marítimas, e que são de uma só peça, fundidos juntamente com o seu reparo, estes ficam logo postos na elevação de 45 graus, que é o maior alcance horizontal, e para ir mais ou menos longe se carrega o morteiro com mais, ou menos pólvora<sup>601</sup>.

---

<sup>596</sup>FORTES, 1993b, p.478.

<sup>597</sup>A afirmação de que não há *regra* que relacione o alcance com o ângulo de elevação da peça, equivalia a Fortes afirmar que desconhecia demonstrações teóricas sobre o fato. Tal afirmação era um atestado de ignorância sobre a obra de Galileu, ou uma simulação de ignorância, a fim de proteger sua obra da censura inquisitorial. *O Engenheiro Português* foi analisado por diversos censores, sendo alguns deles pessoas de reconhecido saber na época, como João Massé (engenheiro militar) e o Reverendo Padre João Baptista Carbone (matemático). A obra foi elogiada por Massé e Carbone, assim como pelos religiosos do Santo Ofício, os quais concluíram que nada acharam no texto que se opusesse aos bons costumes ou que contradissesse os *dogmas cristãos*.

<sup>598</sup>FORTES, 1993b, p.484.

<sup>599</sup>FORTES, 1993b, p.485.

<sup>600</sup>Fortes não faz referência a qualquer teoria de Balística Externa, assim como não faz menção aos seus primeiros autores, como Galileu.

<sup>601</sup>FORTES, 1993b, p.485.

Como podemos notar, os bombeiros ajustariam o alcance das suas bombas aos alvos por um processo de tentativas e erros, o que significava desperdício de pólvora e munição.

No Apêndice, Fortes termina advertindo o engenheiro militar sobre os cuidados que deverá ter com as peças da Artilharia, caso contrário poderia ser surpreendido por uma peça que arrebente durante o uso. Uma peça nova sempre deveria ser testada com uma carga superior à que se usará e nunca o artilheiro poderia esquecer de manter refrigeradas as peças com água durante o uso. No caso de precisar recuar no campo de batalha e abandonar alguma peça de Artilharia, nunca deverá fazê-lo sem antes encravar a peça, o que correspondia a introduzir um cravo de metal no ouvido da peça, impedindo que os inimigos aproveitassem a peça abandonada.

## **VI.5 Conclusão**

Manoel de Azevedo Fortes é considerado o fundador da Escola de Engenharia em Portugal, apesar de esta arma já ter sido incorporada aos regimentos portugueses havia quase um século, em 1647. Como engenheiro-mor do Reino, Fortes também deveria dirigir a educação militar em Portugal. Nessa época, quem desejasse ser engenheiro militar por profissão deveria buscar em outras nações a devida formação, como fez o próprio Azevedo Fortes. Para iniciar a formação de engenheiros militares em Portugal, quase tudo ainda estava por fazer. Não havia livros atualizados escritos em português, e os alunos geralmente não saberiam lê-los se estivessem impressos nas principais línguas do norte da Europa. A baixa qualificação dos alunos implicava que praticamente tudo deveria ser ensinado, como a matemática elementar e a geometria. O futuro engenheiro deveria aprender representar sobre o papel o que seria construído sobre o solo, considerando a melhor forma geométrica da fortaleza. No entanto, a formação de engenheiros modernos equivalente àqueles formados em outras academias militares da Europa dependia do empenho de D. João V, que deveria agir sobre os

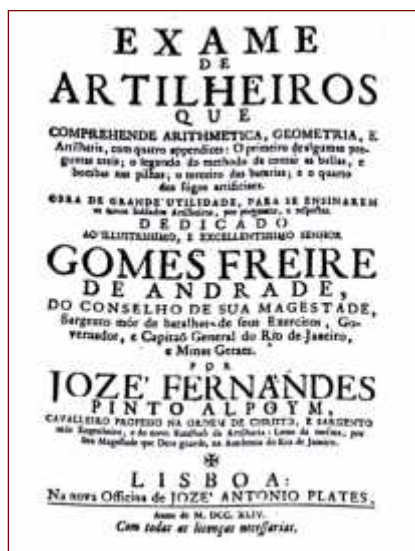
membros da primeira nobreza, fazendo com que se dedicassem ao estudo da Arte Militar, como havia feito Luís XIV. Na França, os nobres trocaram as Armas pelos instrumentos de trabalho dos engenheiros. No entanto, em Portugal, nada poderia ser feito sem antes melhorar o prestígio social do engenheiro militar dentro do Reino e na Corte. Para dar solução à carência de textos escritos em português, Fortes publicou seus apontamentos de estudos, o que deu origem ao *O Engenheiro Português*, um livro que introduziu em Portugal uma metodologia moderna própria para construir fortificações, o *Método dos Três Guias*, em substituição ao método holandês que já estava obsoleto e que era ensinado no texto de Luís Serrão Pimentel, *Método lusitano de desenhar as fortificações das praças regulares & irregulares*. Mas a formação dos oficiais de Artilharia ainda dependia de textos específicos, os quais somente seriam escritos mais tarde por José Fernandes Pinto Alpoim.





# CAPÍTULO VII

## O EXAME DE ARTILHEIROS



**Figura VII-108:** Folha de Rosto do Exame de Artilheiros, de José Fernandes Pinto Alpoim. (Fonte: ALPOIM, José Fernandes Pinto (1700-1765). *Exame de Artilheiros*, 1744. Reprodução fac-similar, Biblioteca Reprográfica Xerox, Rio de Janeiro, 1987).

### VII.1 Introdução

Na primeira metade do século XVII, ainda durante o Período Filipino, era muito conhecida em Portugal a obra do genovês *Lázaro de La Isla*, ao serviço da Espanha, intitulada *Breve Tratado de artilleria, y fundicion della, y artificio de fuegos*, impresso em Valladolid em 1603. Como já foi visto anteriormente, neste período a artilharia portuguesa não foi anulada, mas também não foi incentivada. Os artilheiros portugueses continuaram sem conseguir alcançar a qualificação dos artilheiros formados nas nações mais desenvolvidas da Europa. Com a Restauração, finalmente começaram a aparecer providências para recuperar a Artilharia portuguesa da condição de abandono em que se encontrava. Os oficiais com as melhores qualificações passaram a ser designados para ensinar a prática do uso de boca de fogo. Mas, apesar da

estratégia de ensino, faltavam os alunos. Como era reduzida a quantidade de artilheiros existente em Portugal, insuficiente para defender a soberania portuguesa, o rei D. João IV passou a ordenar que seus oficiais ensinassem artilharia a todos que desejassem aprender:

Em 29 de Dezembro de 1644, o rei através de decreto nomeou o capitão António Vicente da Silva para ensinar artilharia na Ilha Terceira e posteriormente em Tanger, com obrigação de dar, todos os domingos e dias santos, lição prática e uso de bocas de fogo não só a artilheiros senão também a todas as pessoas que quisessem aprender<sup>602</sup>.

As fortificações eram o escudo e a garantia do Estado Moderno<sup>603</sup>. Os oficiais portugueses precisavam saber construir as fortificações modernas adaptadas às novas táticas de guerra. Mas o atraso do ensino também refletiu sobre o ensino da engenharia portuguesa e deveria ser rapidamente combatido. Uma nação moderna precisava de engenheiros militares qualificados para construir modernas fortificações, assim como deveriam existir artilheiros e bombardeiros em quantidade e qualidade suficientes para trabalhar com seus armamentos. O esforço de modernização que ocorria em Portugal dependia da competência da nação portuguesa de modernizar o seu ensino militar. Em 21 de outubro de 1650, como resultado desse esforço, surgiu a *Aula no Paço*, disciplinada por normas que estabeleciam um melhor controle sobre o ensino que era oferecido aos novos bombardeiros<sup>604</sup>. Entre as normas, se destacavam a 11<sup>a</sup>, 12<sup>a</sup>, 14<sup>a</sup> e 15<sup>a</sup>:

11<sup>a</sup> impõe ao condestável-mor a obrigação de ser mestre de todos e de lhes ensinar o manejo da artilharia e a fazer fogos artificiais.

12<sup>a</sup> refere-se à escola de barreira na qual se faria fogo todas as semanas infalivelmente, num dia santo, assistindo sempre ao exercício o capitão dos bombardeiros, um escrivão e o tenente-general da artilharia, este último sempre que pudesse. O exercício era dirigido pelo condestável-mor. Davam-se seis tiros em cada lição, vagarosamente, fazendo-se e desfazendo-se pontarias várias vezes para que o ensino fosse bem eficaz. Eram permitidas e até estimuladas as apostas entre os bombardeiros.

---

<sup>602</sup>BOTELHO,1944, v.2, p.9.

<sup>603</sup>FLOR, 2003, p.23.

<sup>604</sup>BOTELHO,1944, v.2, p.10.

14<sup>a</sup> determina que alguns exercícios, em vez de serem na Carreira, se fizessem a bordo de navios que estivessem a invernar no rio [Tejo], dando-se alguns tiros.

15<sup>a</sup> Na parte do paço que parecer (como se costuma) se lerá duas vezes na semana, em dias e horas certos, lição de artilharia e esquadria, a qual lerá o cosmógrafo-mor ou o padre que ensina matemática em Santo Antão, e a ela assistirá o tenente-general quando puder e o escrivão que serve na mesa grande, e a todas infalivelmente o capitão e escrivão do almoxarife do reino, que terá livros em que assente os artilheiros que vieram e os que continuarem melhor no que se oferecer se há de antepor, e os que forem irremediáveis mandará riscar e por outros em novos lugares.

Em 1655 surge a *primeira escola* em Portugal criada com o objetivo específico de formar artilheiros. No castelo de São Jorge, em Lisboa, uma Aula foi estabelecida para instruir os *artilheiros da nomina*<sup>605,606</sup>.

Em 1656 foi criada, em Lisboa, a *Aula de Fortificação da Ribeira das Naus*<sup>607</sup>, para a qual foi nomeado para ensinar, por decreto de 9 de outubro de 1656, o engenheiro-mor *Luís Serrão Pimentel*. Esta Aula não se destinava à formação de artilheiros, mas à formação de engenheiros construtores de fortificações. O ensino de Artilharia, que também fazia parte da formação dos engenheiros, era tratado como uma formação complementar. O *ensino teórico* de Artilharia era auxiliado pelo uso de manuscritos, como o que existe no Arquivo Histórico Militar de Portugal, que se considera ter sido escrito entre 1640 e 1656, segundo BOTELHO<sup>608</sup>, de autor desconhecido que se sabe ter ouvido as lições de Pedro Vaz Pereira, engenheiro militar do exército do Príncipe do Brasil, D. Teodósio de Bragança<sup>609</sup>. O conteúdo deste manuscrito compreende aritmética elementar, geometria, medição de distâncias e

<sup>605</sup>BOTELHO, 1944, v.2, p.9.

<sup>606</sup>Os bombardeiros da nomina, ou de nomeação, foram instituídos em Portugal por D. Manuel, em 1515, para que se desse início à formação de bombardeiros portugueses para substituírem os estrangeiros (Capítulo II, pp. 84-85). O bombardeiro é sinônimo de artilheiro, porque bombarda o era de canhão. Mas bombardeiro não deverá ser confundido com bombeiro, que era aquele que lançava bomba utilizando morteiros.

<sup>607</sup>Em 1679 foi dada uma nova organização a esta Aula, transformando-a em um curso de três anos. Esta aula aparece mencionada por diferentes nomes: Aula da Ribeira das Naus; Aula Real de Fortificação; ou simplesmente Aula Régia. Mais tarde, em 1707, se tornou a Academia Militar da Corte (BOTELHO 1944, v.2, p.10).

<sup>608</sup>BOTELHO, 1944, v.2, p.11.

<sup>609</sup>D. Teodósio de Bragança (1634-1653) era o primogênito do Rei D. João IV, que recebeu o título de Príncipe do Brasil, especialmente criado em sua honra. Em 1651, foi nomeado capitão-general das armas do Reino. No entanto, a sua saúde frágil causou sua morte prematura aos 19 anos, conduzindo seu irmão D. Afonso à posição de herdeiro do trono de D. João IV.

artilharia. Esta obra é considerada o mais antigo manuscrito<sup>610</sup> em língua portuguesa sobre artilharia.

A carência de trabalhos sobre Artilharia escritos em português, que muito ajudariam no aprofundamento da formação dos artilheiros e engenheiros militares, fez com que, em 1676, a pedido do almoxarife do rei em Lisboa, Joseph Homem de Menezes, se traduzisse para o português a obra, já conhecida em Portugal, do genovês Lázaro de La Isla, *Breve Tratado de artilleria y della, y artificio de fuegos*, a qual recebeu um curioso título em Portugal: *Jesus – Breve Tratado da arte de artilharia, geometria e artifices de fogo*<sup>611</sup>. O livro, com dezessete capítulos, divide-se em três partes: artilharia, pólvora e fogos artificiais. O conteúdo teórico, segundo José Justino Teixeira Botelho<sup>612</sup>, é semelhante ao do manuscrito de 1656 a que acima nos referimos.

No século XVII começaram a surgir em Portugal obras impressas de autores portugueses, mas com o objetivo de melhorar a organização do exército e sua disciplina: *Abecedário militar*, de João de Brito de Lemos (1631); *Ordenanças militares para disciplina da milícia portugueza*, de Luís Marinho de Azevedo (1641); *Doutrina política, civil e militar*, de Luís Marinho de Azevedo (1644); *Perfeito Soldado, e política militar*, de João de Medeiros Correia (1659). Porém, com o objetivo de dar ao oficial português competência de um engenheiro construtor, avançando além das preocupações administrativas, o que caracterizava as obras descritas anteriormente, surgiu em 1680 a primeira obra de engenharia militar escrita por um autor português: o *Método lusitanico de desenhar as fortificações das praças regulares & irregulares*, de Luís Serrão Pimentel (Figura VII-109), tenente-general de artilharia, cosmógrafo e engenheiro-mor do reino, que desde 1656 já se dedicava ao ensino na *Aula de Fortificação da Ribeira das Naus*<sup>613</sup>.

---

<sup>610</sup>Os manuscritos não se tornam obras de referência. Portanto, apesar da importância que possam ter tido em determinado local, e em determinada época, não podemos lhes dar o mesmo valor que têm as obras impressas e que se tornaram obras de referência para outros autores.

<sup>611</sup>BOTELHO, 1944, v.2, p.12.

<sup>612</sup>BOTELHO, 1944, v.2, p.12.

<sup>613</sup>BEBIANO, 2004, p.130.



**Figura VII-109:** Gravura da Folha de Rosto do Livro de Serrão Pimentel. (Fonte: FERREIRA, Arnaldo Medeiros. *Fortificações Portuguesas no Brasil*. Edições ELO, Portugal, 2004, p. 17)

Na primeira metade do século XVIII, autores portugueses continuam a produzir textos manuscritos para auxiliar o ensino da Artilharia, os quais são citados a seguir em ordem cronológica (Figura VII-110). No entanto, neste período é que surgirão as primeiras obras impressas:

1. *Tratado da Artilharia e Artificio do Fogo – Tirada de Vários Autores*. Obra manuscrita de *Baltazar Dias* (1700).
2. *Melhor Alvo de Artilharia*, de Manuel Pinto de Vila Lobos.
3. *Lições de Artilharia*, de Manuel Pinto de Vila Lobos.
4. *Compendio da Arte de Artilharia*, do condestável Manuel Pais (1703).
5. Obra manuscrita por *Francisco Vaz Vieyra*.
6. *O Engenheiro Português*, de Azevedo Fortes (1728, vol.1; 1729, vol. 2).
7. *O Exame de Artilheiro*, de José Fernandes Pinto Alpoim (1744).
8. *O Exame de Bombeiros*, de José Fernandes Pinto Alpoim (1748).



**Figura VII-110:** Os principais textos, manuscritos ou impressos, que foram utilizados no ensino militar em Portugal entre 1640 e 1750, com o objetivo de formar engenheiros militares e oficiais da Artilharia após a Restauração. Na figura, não se representa o texto considerado o primeiro manuscrito português sobre Artilharia, provavelmente escrito entre 1640 e 1656, porque dele não se conhece nem o título nem o autor, mas foi escrito considerando as lições dadas pelo engenheiro militar Pedro Vaz Pereira, do exército do Príncipe D. Teodósio.

A primeira obra portuguesa sobre Artilharia escrita no século XVIII, *Tratado da Artilharia e Artificio do Fogo – Tirada de Vários Autores*<sup>614</sup>, foi um trabalho feito pelo *condestável* da cidade de Elvas, Balthezar [Baltazar] Dias, obra *manuscrita*, com algumas ilustrações, que corresponde a anotações escritas em português pelo autor durante o estudo de diversas obras estrangeiras.

A segunda e a terceira obra – *Melhor Alvo de Artilharia* e *Lições de Artilharia* – são manuscritos de Manuel Pinto de Vila Lobos, dos quais não existe nenhum exemplar<sup>615</sup>. O autor era da região norte de Portugal, Viana do Minho, hoje conhecida como Viana do Castelo.

A quarta obra, *Compêndio da Arte de Artilharia*, do *condestável* Manuel Pais<sup>616</sup>, também desapareceu, da mesma forma como ocorreu com a segunda

<sup>614</sup>Um exemplar da obra de Baltazar encontra-se no Museu Militar de Lisboa. Talvez seja o único exemplar existente. Na aparência se assemelha a um caderno de anotações, que não chega a ter uma centena de páginas. O texto é manuscrito com uma caligrafia que o torna de difícil leitura.

<sup>615</sup>BOTELHO, 1944, v.2, p.14.

<sup>616</sup>BOTELHO, 1944, v.2, p.13.

e a terceira. Não existe atualmente nenhum de seus exemplares nas bibliotecas portuguesas.

Da quinta obra, também manuscrita, somente se tem notícia pela referência que lhe fez Azevedo Fortes no texto de *O Engenheiro Português*, a sexta obra, na qual o autor informa existir uma obra de excelente qualidade e clareza escrita por Francisco Vaz Vieyra, a quem considera um dos mais inteligentes oficiais de toda a Europa. Pelo que parece, como afirma BOTELHO<sup>617</sup>, tal obra nunca foi impressa.

A sétima e a oitava, ambas de José Fernandes Pinto Alpoim – *Exame de Artilheiros* e *Exame de Bombeiros*– foram escritas no Brasil. Porém, a primeira foi impressa em Lisboa, em 1744, e a segunda poderá ter sido impressa em Madri, em 1748. O autor iniciou a sua formação militar na Aula do Regimento de Viana do Minho, local onde seu avô materno e padrinho de batismo<sup>618</sup>, Manuel Pinto de Vila Lobos, por muitos anos foi Lente. O surgimento de dois autores portugueses, provenientes de um mesmo Regimento, demonstra a qualidade da Aula Regimental de Viana do Castelo.

O *Exame de Artilheiros*<sup>619</sup> e o *Exame de Bombeiros*<sup>620</sup> são considerados as primeiras *obras didáticas* sobre Artilharia publicadas em português. Os dois trabalhos tinham a mesma estrutura didática, ambos eram organizados através de perguntas e respostas. As duas obras foram importantes para a formação de artilheiros e bombeiros no Brasil e em Portugal, apesar das limitações dos conteúdos. Em ambos, Alpoim evitou demonstrações ou aprofundamentos

<sup>617</sup>BOTELHO, 1944, v.2, p.14.

<sup>618</sup>Uma cópia do Registro do batismo de Alpoim, obtida na Biblioteca Municipal de Viana do Castelo, foi transcrita por PARDAL (1987, p.18): *Joseph, filho de Vasquo Fernandez ajudante da artilharia e de sua m<sup>er</sup> [mulher] Revocata Pinto que moram na Rua Rozaz nasce o aoz quatorse diaz do mez de julho do anno de mil e setecentoz annoz, eu gabriel de Mattoz freyre vigário desta parochia di N.S. de Montserrate o bautisei aoz desanove diaz do ditto mez e anno. foram padrinhoz **Manoel Pinto Villa Loboz** [o grifo é meu] sargento maior da artilharia e sua m<sup>er</sup> Dona M<sup>a</sup> Sanchez desta parochia. [ass.] Vigário Gabriel de Mattoz Freyre [sic]. PARDAL (1987, p.19) informa que Manuel Pinto de Vila Lobos era padrinho e avô de Alpoim, assim como foi quem o iniciou nos estudos militares na Academia de Viana, criada em 1701. Alpoim prosseguiu seus estudos em Lisboa.*

<sup>619</sup>Em 1987, no Rio de Janeiro, a Xerox do Brasil lançou uma edição *fac-similar* do *Exame de Artilheiros*, o qual se encontra na Biblioteca Nacional do Rio de Janeiro.

<sup>620</sup>Existem exemplares da obra rara na Biblioteca Nacional do Rio de Janeiro e no Real Gabinete Português de Leitura. Porém, já é possível fazer a leitura da obra digitalizada acessando pela internet a Biblioteca Virtual da Biblioteca Nacional, Tesouros da Biblioteca Nacional.



teóricos, o que certamente o obrigaria a citar autores estrangeiros proibidos em Portugal. O *Exame de Artilheiros* tem a sua importância atestada pelo número de exemplares que ainda hoje são encontrados nas bibliotecas portuguesas e brasileiras<sup>621</sup>.

As oito obras citadas foram fundamentais para a formação dos artilheiros na primeira metade do século XVIII. No entanto, elas também demonstravam o atraso em que se encontrava Portugal no ensino da Artilharia em relação às outras nações da Europa. Nesta época, em que diversas nações já possuíam uma grande quantidade de livros impressos sobre Artilharia, em seus respectivos idiomas e com os conteúdos tratados bem atualizados, Portugal ainda convivía com obras manuscritas ou somente impressas após a aprovação da censura inquisitorial. “A abertura de Portugal aos conhecimentos científicos que estavam além dos Pirineus seria necessário para animar as escolas portuguesas”<sup>622</sup>.

No início do século XVIII, surgiu o esforço de expandir o ensino de Artilharia pelas províncias portuguesas. D. Pedro II, em 20 de julho de 1701, estabeleceu por decreto que, além da Aula no Regimento da Corte, em Lisboa, outras Aulas de fortificação e artilharia, com a respectiva preparação em matemática, deveriam ser implantadas no Regimento da Praça de Viana, na Província do Minho, no Regimento da Praça de Elvas, Província do Alentejo, e no Regimento da Praça de Almeida, Província da Beira<sup>623</sup>. E, segundo Fortes<sup>624</sup>, o mesmo decreto estabelecia que os militares que se aplicassem ao estudo e adquirissem doutrina “seriam preferidos para os seus

---

<sup>621</sup>Conforme afirmou Lygia da Fonseca Fernandes da Cunha, quando chefiava a Biblioteca Nacional, época em que escreveu o prefácio da edição fac-similar do *Exame de Artilheiros*, em 1987, comemorando os 250 anos da criação da Aula do Terço de Artilharia: *No Brasil são conhecidos sete exemplares do Exame de Artilheiros: 3 na Biblioteca Nacional (Rio de Janeiro); 1 no Real Gabinete Português de Leitura (Rio de Janeiro); 2 no Instituto de Estudos Brasileiros da Universidade de São Paulo; e 1 na Biblioteca do Rio Grande (Rio Grande do Sul)*. O professor Carlos A. L. Filgueiras, meu Orientador na monografia de mestrado e nesta Tese de doutoramento, encontrou um exemplar do *Exame de Artilheiros* na Biblioteca Municipal de Mario de Andrade, São Paulo, e outro na Biblioteca de José Mindlin, no campus da Universidade de São Paulo. A pesquisadora Teresa C. C. Piva, em sua Tese de Doutorado, *O Brigadeiro Alpoim: Um politécnico no cenário luso-brasileiro do século XVIII* (2007, p.275), orientada pelo professor Carlos A. L. Filgueiras, informa ter encontrado outro exemplar na Biblioteca de Obras Raras da Marinha do Brasil. Possivelmente ainda haverá outros.

<sup>622</sup>BOTELHO, 1944, p.16.

<sup>623</sup>BOTELHO, 1944, p. 13.

<sup>624</sup>FORTES, 1993b, p. 434.

acrescentamentos” em relação aos outros que não o tivessem, seriam nomeados Lentes das Aulas<sup>625</sup>. Das três Aulas, apenas uma foi implantada no Regimento da Praça de Viana. Nos demais Regimentos, os engenheiros que deveriam ler nessas Aulas se ocuparam com a guerra que se seguiu (Guerra da Sucessão, na Espanha). O decreto da Junta dos Três Estados passou às Vedorias das Províncias, “e por descuido dos oficiais”, afirmou Fortes, não foi (como devia ir) ao Conselho de Guerra para ter sua “observância a respeito da preferência”<sup>626</sup>.

Em 1719, Manoel de Azevedo Fortes, engenheiro-mor do Reino, passou a dirigir o ensino militar em Portugal. Como educador, e autor, muito se empenhou para formar engenheiros militares que fossem capazes de construir fortificações modernas segundo o *Método dos Três Guias*, de autor anônimo, que considerava o mais adequado para Portugal. Na época, o engenheiro militar, em Portugal, estava com seu prestígio social diminuído e muitas vezes, em suas atribuições, era subutilizado como um simples Medidor. Como educador, Fortes percebeu que não poderia elevar o nível de formação dos engenheiros militares e oficiais da Artilharia, colocando-os ao nível dos melhores da Europa, sem seguir o exemplo da França de Luís XIV. As Aulas Regimentais deveriam ser transformadas em Academias Militares para atrair os filhos das Casas mais importantes de Portugal. No entanto, a organização da sociedade portuguesa reservava aos filhos homens primogênitos dos Grandes os principais cargos nas diversas carreiras oferecidas no Reino, inclusive na militar, mesmo que não tivessem o nível intelectual exigido pelo cargo que ocupavam. Os filhos homens secundogênitos não tinham os mesmos privilégios que os primogênitos. Para que não se tornassem meros agregados e dependentes das Casas a que pertenciam, e delas dependessem até para se alimentar, após os estudos em Coimbra podiam seguir para uma carreira eclesiástica ou para o casamento que unia famílias ao redor de interesses comuns de preservação da riqueza e do poder. Dos secundogênitos nascidos até 1720, informou Freitas Monteiro<sup>627</sup>, mais da metade seguiu carreiras eclesiásticas, que de alguma forma lhes estavam destinadas. Entre os solteiros

---

<sup>625</sup>Ao se referir às Aulas, Fortes as denomina “Academias”.

<sup>626</sup>FORTES, 1993b, p.434.

<sup>627</sup>MONTEIRO, 2003, p.170.

não eclesiásticos, quase todos foram militares porque eram raras as carreiras na magistratura. Os estudos necessários à formação dos engenheiros militares e aos oficiais de Artilharia, assim como os árduos trabalhos no exercício dessas carreiras de pouco prestígio social, não as tornavam atrativas para os jovens fidalgos portugueses. No entanto, nos reinos do norte da Europa, a exemplo da França, com a valorização social do engenheiro militar e do oficial da Artilharia, os fidalgos não mostraram resistência em trocar as Armas pelos instrumentos de trabalho do engenheiro ou a se dedicarem aos estudos e debate de ideias nas Academias Militares<sup>628</sup>. Porém, o mesmo não se verificava em Portugal.

Em 1720, Azevedo Fortes elaborou um documento que foi enviado à Junta dos Três Estados e ao Conselho de Guerra, com o título *Representação a Sua Majestade sobre a forma e a direção que devem ter os engenheiros para melhor servirem neste reino e suas conquistas*. Neste, Fortes procurou retomar o que não se conseguiu fazer com o decreto de 1701, a que nos referimos antes, e novamente sugeriu a criação de novas Aulas, às quais se referia como Academias Militares, na Praça de Elvas, Província do Alentejo, e na Praça de Almeida, Província da Beira, assim como sugeriu que se criasse a profissão de Medidor<sup>629</sup>, distinta da de engenheiro. A grande esperança de Fortes era que, com o decreto de D. João V, considerando as suas sugestões, fossem criadas Academias Militares no lugar das Aulas Regimentais, onde os nobres se aplicariam ao estudo da doutrina militar, o que não iria ocorrer sem antes se verificar a valorização do engenheiro militar português e do oficial da Artilharia.

Com o novo Decreto, que se espera que não sucederá o mesmo [que ocorreu com o decreto de 1701], e todos os nossos nobres se aplicarão à doutrina Militar, e ainda a **primeira nobreza** [o grifo é meu], à qual esta doutrina não é menos necessária; porque, como por ela se distribuem os primeiros empregos da República, e mais principalmente os da guerra, se os providos não forem na Doutrina Militar bem instruídos, nem sua Majestade poderá ficar bem servido, nem eles adquirir grande glória.<sup>630</sup>

---

<sup>628</sup>FORTES, 1993b, p. 432.

<sup>629</sup>As funções dos Medidores seriam as que atualmente atribuímos aos Topógrafos.

<sup>630</sup>FORTES, 1993b, p.435.

Em 1732, três décadas após o decreto de D. Pedro II, D. João V instituiu as duas Aulas sugeridas por Fortes, mas não as tornou Academias Militares. Quanto aos acessos aos diferentes postos militares, o rei recomendou que fossem dados preferencialmente àqueles que tivessem cursado as Aulas com aproveitamento. Mas apenas recomendava, não obrigava como a única forma de ascensão na hierarquia militar. O texto final do decreto do rei certamente muito deve ter frustrado os sonhos de mudança do engenheiro-mor de Portugal.

O Rio de Janeiro, no início do século XVIII, era um dos principais portos das colônias portuguesas, por onde escoava todo o ouro descoberto nas Minas Gerais, que era alvo da cobiça estrangeira. Em 1711, a invasão francesa ao Rio de Janeiro pelo corsário DuguayTroin demonstrou a incompetência do sistema de defesa da cidade. O rei de Portugal, D. João V, em 1738, estabeleceu por decreto um Terço de Artilharia no Rio de Janeiro, no qual haveria uma Aula para formar nesta Praça os artilheiros necessários para atender às necessidades da colônia. Como havia falta de artilheiros no Reino, a Metrópole não tinha como os fornecer às colônias. A população local deveria fornecer os candidatos à Aula do Terço. Os jovens recrutados deveriam saber ler, escrever e contar, uma exigência que hoje pode nos parecer simples de ser atendida, mas na época descartava boa parte da população jovem da colônia. O decreto do rei que estabeleceu a Aula também nomeava como Lente José Fernandes Pinto Alpoim, um engenheiro militar português de grande experiência e discípulo de Manoel de Azevedo Fortes. A decisão do rei de enviar para a colônia um dos seus melhores engenheiros para ser Lente na Aula no novo Regimento de Artilharia do Rio de Janeiro, onde era Mestre de Campo André Ribeiro Coutinho, e capitão general e governador do Rio de Janeiro e Minas Gerais Gomes Freire de Andrade, tornava claro que o rei estava decidido a estender à colônia o esforço de modernização que ocorria na Metrópole. A modernização dos sistemas de defesa dos portos do Brasil e das fronteiras seria fundamental para defender as riquezas da colônia da cobiça estrangeira. Por determinação de Gomes Freire, Alpoim redigiu, no Rio de Janeiro, o *Exame de Artilheiros*, obra impressa em Lisboa em 1744, na oficina tipográfica de José Antônio Plattes. O texto deveria ser útil, como um manual

prático, e atender à instrução de artilheiros em locais distantes das academias da Metrópole. O *Exame de Artilheiros* será analisado a seguir seguindo a ordem e os títulos que o autor utilizou na obra<sup>631</sup>.

## VII.2 Carta ao autor

O parecer do Mestre de Campo do Regimento de Artilharia do Rio de Janeiro, André Ribeiro Coutinho, sobre Exame de Artilheiro, de 9 de setembro de 1742, em forma de carta, informa que o desprezo pelos estudos em Portugal teria sepultado a profissão de artilheiro e que, por essa razão, é importante o trabalho de Alpoim para tirar das trevas a Artilharia portuguesa, considerando a importância da Artilharia para o reino:

[...] por este novo Exame Prático, formará V. m. um Terço de Soldados peritos na mais importante Arte da guerra, desterrando a obstinação, com que a ignorância desprezava os estudos, o risco, em que muitas vezes vi o crédito de nossas Armas, e as trevas, em que, por falta de argutas soluções, estava no nosso Reino, sepultada esta profissão; e como é preciso que a Majestade seja igualmente munida com letras, e com armas, a favor da ciência, o trabalho de V. m. se vinculam neste corpo Militar as duas profissões, para mais luzida defesa, e seguro decoro da Majestade.

## VII.3 As licenças necessárias

O controle do Santo Ofício sobre as obras escritas em Portugal obrigava que os textos, antes de impressos, fossem analisados por seus delegados, os jesuítas, em Portugal. Além deste censor, deveriam os textos sofrer a censura

---

<sup>631</sup>No Brasil, José Fernandes Pinto Alpoim (1700-1765) não foi apenas o Lente do Terço de Artilharia e autor das primeiras obras didáticas impressas em português para formar artilheiros e bombeiros. Nesta colônia de Portugal viveu até o último dos seus dias como engenheiro militar construtor de importantes obras públicas no Rio de Janeiro e Minas Gerais. No entanto, está além do escopo desta Tese analisar suas obras como arquiteto e engenheiro construtor, o que já foi muito bem desenvolvido em **O Brigadeiro Alpoim: Um politécnico no cenário luso-brasileiro do século XVIII** (Tese apresentada, em 2007, ao Programa de História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro por Teresa Cristina de Carvalho Piva).

Episcopal, ou Ordinária, assim como a Temporal, do Paço. Esta última geralmente se fazia através de alguma autoridade que verificava se a obra servia bem ao rei. O Exame de Artilheiros foi examinado pelo mestre de Alpoim, Manoel de Azevedo Fortes, que conclui:

Vi este Livro intitulado *Exame de Artilheiros* que, por seu Autor, traz vinculada a aprovação e sendo, como é, tão útil a doutrina de que trata, e tão pouco o que dela se acha escrito no nosso idioma, parece, que mais de justiça, que de graça se deve conceder ao Autor a licença, que pede; e tanto não contém coisa, que encontre as máximas desta Coroa, que antes servirá de maior realce. Vossa Majestade mandará o que for servido. Lisboa, 26 de Novembro de 1743.

Os censores primeiro liberavam a obra apenas para impressão e, ao final desta, deveria voltar novamente para a censura do Santo Ofício e do Ordinário, quando se verificava se o texto impresso estava conforme o original. Por último, o Paço estabelecia a taxa que deveria ser paga.

O Exame de Artilheiros, após ter obtido todas as licenças necessárias, foi impresso. No entanto, uma Carta Régia de 15 de julho de 1744 determinou que fosse recolhido, sob a alegação de que o autor não respeitara a pragmática dos tratamentos devidos às personalidades citadas no texto, conforme determinava o código Filipino e alteração da Lei de 29 de janeiro de 1739<sup>632</sup>. No entanto, o grande número de exemplares que ainda hoje se encontram em diversas bibliotecas, no Brasil e em Portugal, demonstra que não há dúvida de que houve uma atitude de tolerância em relação à obra de Alpoim, apesar da ordem de que fosse recolhida.

#### **VII.4 Composição da obra**

O Exame de Artilheiros está dividido em tratados e apêndices, os quais se encontram ao longo do texto na seguinte ordem:

1. Tratado I: Da Aritmética.

---

<sup>632</sup>CUNHA, 1987, p.11.

2. Tratado II: Da Geometria.
3. Tratado III: Da Artilharia.
4. Apêndice I: De algumas perguntas úteis
5. Apêndice II: Das balas.
6. Apêndice III: Das baterias.
7. Apêndice IV: Dos fogos artificiais.

## VII.5 Tratado I – Da aritmética

Nas quatorze páginas iniciais deste primeiro tratado, Alpoim se dedica ao ensino das quatro operações fundamentais: somar, subtrair, multiplicar e dividir. Com esta introdução, fica claro o perfil do aluno a que se destinava o seu texto didático. O único pré-requisito seria que o aluno soubesse ler, escrever e contar. Após o fornecimento de uma tabuada, é dado um aviso ao aluno<sup>633</sup>:

Porém, antes de entrarmos nessa operação [multiplicação] é necessário advertir, que para multiplicar com maior facilidade, se deve saber de memória os produtos da multiplicação dos caracteres até 10 [...]

O primeiro tratado segue até terminar o ensino das operações com frações.

## VII.6 Tratado II – Da geometria

Como no tratado da aritmética, também no tratado da geometria se busca limitar o conteúdo ao que seria útil ao soldado artilheiro. O conceito de horizontal ajudaria a construir uma esplanada nivelada, onde joga a Artilharia, ou fazer uma pontaria com a arma nivelada. A linha horizontal seria “uma linha reta, que passa pelos nossos pés, ou pela nossa vista, e é paralela ao diâmetro

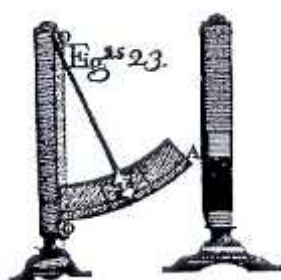
---

<sup>633</sup>ALPOIM, 1744, p.13.

do mundo”<sup>634</sup>. A superfície estaria nivelada quando “em nenhuma de suas partes se levanta, ou abaixa, e está igual” <sup>635</sup>.

Uma reta estaria na direção horizontal quando paralela ao diâmetro da Terra, logo tangenciando a sua superfície em um único ponto. Assim sendo, uma reta horizontal nunca estará nivelada, porque todos os seus pontos não estão igualmente distanciados do centro da Terra.

Um artilheiro bem preparado deveria estar apto a servir em qualquer fortaleza do Reino e sob condições nem sempre favoráveis. O artilheiro deverá ser capaz de construir todo o necessário ao bom exercício da sua profissão. Mesmo uma esquadra, que seria entre seus instrumentos o mais complexo, poderia ser construída. Para isso, primeiro precisaria do conceito de ângulo, sua medida e sua divisão. A seguir, com a ajuda de um carpinteiro, o artilheiro poderia construir e graduar sua própria esquadra<sup>636</sup> (Figura VII-111), a qual servia para direcionar o tiro e muito contribuía para a qualidade do lançamento do projétil. Com a preocupação de qualificar a Artilharia portuguesa, Alpoim dá muita atenção ao estudo da esquadra<sup>637</sup>, que denomina de *nova esquadra*, não por sua invenção, mas porque foi retirada do trabalho de *Surirey Bion* como um instrumento de medida que pela primeira vez no Reino os artilheiros portugueses começariam a usar na medida da inclinação das peças de artilharia.



**Figura VII-111:**A Esquadra Nova. Imagem 23 do Tratado II do *Exame de Artilheiros*, de José Fernandes Pinto Alpoim (Fonte: ALPOIM, José Fernandes Pinto (1700-1765). *Exame de Artilheiros*, 1744. Reprodução fac-similar, Biblioteca Reprográfica Xerox, Rio de Janeiro, 1987).

<sup>634</sup>ALPOIM, 1744, p.40.

<sup>635</sup>ALPOIM, 1744, p.41.

<sup>636</sup>ALPOIM, 1744, pp.41-49.

<sup>637</sup>No Exame de Bombeiro, Alpoim complementarà este estudo apresentando uma esquadra por ele inventada.



O seu uso é fácilimo, porque não há mais que pôr o pé do instrumento sobre qualquer faixa, colo, ou liso do fogão da peça, a que se quer dar a elevação, de tal sorte, que o pêndulo [que sempre estará na direção vertical] dará os graus, que se buscam, de sorte que sendo os tiros para baixo do horizonte, a porção de círculo se há de estar para a culatra da peça: e sendo a alma da peça paralela ao horizonte, não importa que a porção de círculo [do quadrante] esteja, ou para boca, ou para a culatra; somente é necessário que o pêndulo caia a sua ponta na linha reta OO [vertical], perpendicular à base do instrumento, nos graus, que quisermos<sup>638,639</sup>.

O instrumento para apontar uma peça de artilharia, segundo Alpoim, não era utilizado pelos artilheiros portugueses. No entanto, não podemos considerar que ignoravam a existência de tal instrumento porque Manoel de Azevedo Fortes<sup>640</sup> em *O Engenheiro Português* já o havia descrito (Figura VII-112).



**Figura VII-112:** Instrumento para apontar peças. O quadrante está na posição em que permanece no seu estojo para ocupar pouco espaço. (Fonte: Fortes, Manoel de Azevedo. *O Engenheiro Português*. Vol 1, Estampa 7, figura 15, 1728).

Outro tipo de esquadra para uso dos artilheiros (Figura VII-113) também foi descrita por Fortes<sup>641</sup>. A este tipo de esquadra Alpoim não fez qualquer referência<sup>642</sup>.

<sup>638</sup>A peça de artilharia tinha a culatra mais espessa que o bocal. Logo, sua superfície externa superior não estaria na horizontal quando a alma da arma, sua cavidade oca, estivesse na horizontal. Portanto, se a esquadra indicasse que a superfície externa estava na horizontal, a alma estaria levemente elevada acima do horizonte.

<sup>639</sup>ALPOIM, 1744, p.50.

<sup>640</sup>FORTES, 1993b, pp.407-408.

<sup>641</sup>FORTES, 1993b, pp. 409-410.

<sup>642</sup>Alpoim inventou um tipo de esquadra que apresenta a sua descrição no *Exame de Bombeiros*, no qual mostra a superioridade da sua invenção em relação às demais esquadras apresentadas por seu mestre em *O Engenheiro Português*.



**Figura VII-113:**Esquadra para que os artilheiros meçam o ângulo de elevação da peça. Na figura, a peça está nivelada e fio de prumo corta o quadrante no valor zero. (Imagem criada por Ricardo Vieira Martins combinando imagens obtidas nas estampas da obra de Manoel de Azevedo Fortes, *O Engenheiro Português*).

Com régua e compasso se aprende a fazer triângulos. Fazer um isósceles é um aprendizado útil para que o artilheiro faça um *nível*. Uma superfície estará nivelada sempre que, após apoiar o nível sobre ela, o fio de prumo passe tenso pelo ponto L, e não frouxo, como é mostrado na Figura VII-114.

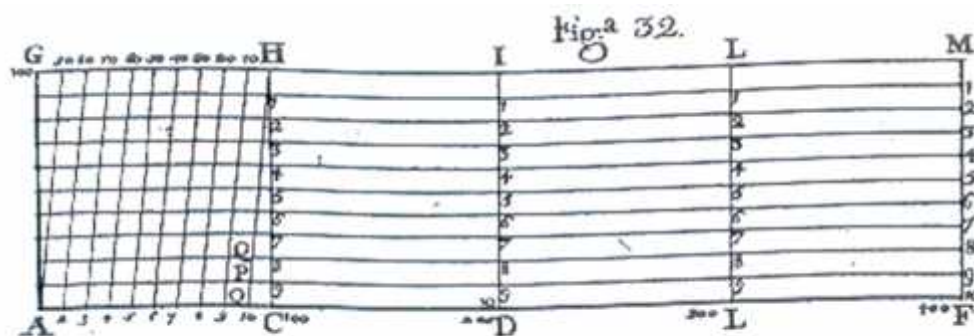


**Figura VII-114:***Nível*. Imagem 28 do Tratado II do *Exame de Artilheiros*, de José Fernandes Pinto Alpoim (Fonte: ALPOIM, José Fernandes Pinto (1700-1765). *Exame de Artilheiros*, 1744. Reprodução fac-similar, Biblioteca Reprográfica Xerox, Rio de Janeiro, 1987).

Para o artilheiro seria importante saber medir com precisão o diâmetro da bala, o que poderia fazer utilizando um *petipé* (escala), uma linha dividida em certo número de partes iguais. A construção de um *petipé* foi ensinada por Alpoim<sup>643</sup>, repetindo o que já havia ensinado seu mestre no primeiro volume de *O Engenheiro Português*<sup>644</sup>.

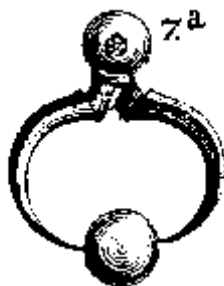
<sup>643</sup>ALPOIM, 1744, pp.55-57.

<sup>644</sup>FORTES, 1993a, p.337.



**Figura VII-115:** *Petipé*. Imagem 32 do Tratado II do *Exame de Artilheiros*, de José Fernandes Pinto Alpoim (Fonte: ALPOIM, José Fernandes Pinto (1700-1765). *Exame de Artilheiros*, 1744. Reprodução fac-similar, Biblioteca Reprográfica Xerox, Rio de Janeiro, 1987).

Na construção do *Petipé* do artilheiro, a unidade de medida corresponde ao diâmetro de uma bala de ferro de uma libra, que na escala corresponderá às dimensões dos segmentos de reta AC, CD, DL e LF (Figura VII-115). Com um belo artifício geométrico, que informa Fortes<sup>645</sup> ter sido inventado pelo astrônomo Tycho Brahe, Alpoim ensina a preparar a parte da escala que medirá com precisão de centésimos. Os segmentos de reta GH e AC são divididos em 10 partes iguais, assim como o segmento de reta AG. Porém, como mostra a Figura VII-115, os pontos que correspondem às divisões no segmento GH são unidos aos pontos da divisão do segmento AC por linhas diagonais. A cada nova linha horizontal da escala, de cima para baixo, as diagonais que unem os segmentos de reta GH ao AC se afastam para a esquerda de um centésimo da dimensão do segmento de reta AC, a unidade de medida.



**Figura VII-116:** Compasso de pontas curvas que serve para tomar a grossura das peças e o diâmetro das balas. Estampa do Tratado III, figura 7, I *Exame de Artilheiros*, de José Fernandes Pinto Alpoim (Fonte: ALPOIM, José Fernandes Pinto (1700-1765). *Exame de Artilheiros*, 1744. Reprodução fac-similar, Biblioteca Reprográfica Xerox, Rio de Janeiro, 1987).

<sup>645</sup>FORTES, 1993a, p.337.

O uso do *Petipé* é simples. Primeiro se coloca a bala, cujo diâmetro se deseja conhecer, entre as pontas de um compasso aberto (Figura VII-116). A seguir, o compasso é colocado sobre o *Petipé*. Como exemplo, vamos supor que a bala tem um diâmetro um pouco maior que a bala de uma libra. Logo, se uma das pontas do compasso for colocada no ponto I, a outra ponta irá além do ponto H, considerando que o tamanho do segmento de reta IH é igual ao diâmetro da bala de uma libra. Com o compasso aberto, com uma das pontas sempre sobre a linha que une I ao ponto D, o artilheiro desce o compasso, pouco a pouco, através das diversas linhas horizontais, até que a segunda ponta do compasso fique sobre uma das diagonais que foram traçadas inicialmente no quadrado AGHC. Caso tal fato ocorra na oitava linha, uma ponta do compasso ficou sobre o número 8 da linha ID, e a outra ponta no ponto Q, teremos uma medida de  $1\frac{8}{100}$  do diâmetro da bala de uma libra. Da mesma forma, se a segunda ponta coincidissem com o ponto P, o diâmetro da bala seria  $1\frac{9}{100}$  do diâmetro da bala de uma libra. Caso se desejasse dar ao compasso uma abertura tal que suas pontas estivessem separadas de uma distância igual a  $1\frac{24}{100}$  do diâmetro da bala de uma libra, deveríamos colocar uma ponta do compasso sobre a linha 4 do segmento que une os pontos I e D e a outra sobre o ponto que corresponde à interseção da diagonal que parte do número 20 com a linha 4.

Com a operação de construir um *Petipé* e ensinar o seu uso, que permitiria ao Artilheiro graduar qualquer calibre que precisar, com precisão de centésimos da unidade de medida escolhida, Alpoim encerra assim o segundo tratado.

## VII.7 Tratado III – Da artilharia<sup>646</sup>

“Que é Artilheiro?” Assim começa o Tratado III destinado a ensinar a arte da Artilharia aos que deveriam ser artilheiros: “**um soldado** [o grifo é meu] destro da artilharia que atualmente se ocupa no seu ministério, observando as regras e preceitos da arte”<sup>647</sup>. Alpoim não deixa dúvida de que o texto não se destinava a dar formação aos oficiais da Artilharia, logo não respondia plenamente às aspirações do projeto educacional do seu mestre, Manoel de Azevedo Fortes, aos quais já nos referimos. Um bom artilheiro precisava de arte e técnica, mas um oficial da Artilharia precisava ir além, precisava de arte, técnica e ciência.

A artilharia é arte que se aprende se souber pesar e medir, logo o seu artesão deveria saber “absolutamente ler, escrever, e contar muito bem”<sup>648</sup>. A peça de artilharia seria o seu principal instrumento, que poderia ser feito de ferro ou bronze e com ele, por meio da pólvora, se lançavam balas, bombas e granadas. O artilheiro, para exercer a sua profissão, tinha instrumentos próprios de trabalho: um estojo com seis agulhas (Figura VII-117); um nível; um calibre que tinha gravado o peso das balas de ferro e chumbo; uma nova esquadra para dar elevação às peças; uma régua; um tira linhas; uma pedra de riscar; um lápis; um compasso (Figura VII-116); um furador para cozer os cartuchos; uma tesoura; uma *romana* pequena para pesar a pólvora ou bala quando havia alguma dúvida na carga das peças; uma passadeira para reconhecer o calibre das balas; um *polvarinho* com duas ou três libras de pólvora fina para escorvar as peças; um fuzil; uma verruma; uma serra; uma machadinha; umas tenazes; um martelo; uma *encho*<sup>649</sup>; alguns formões para fazer reparos na carreta; um facão.

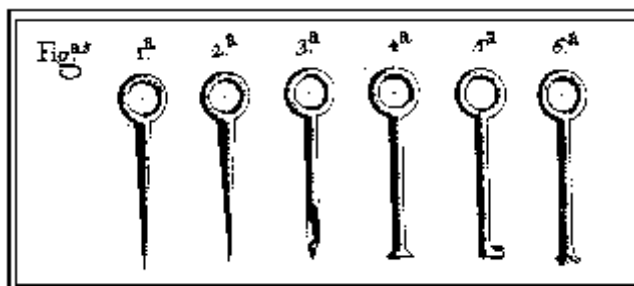
---

<sup>646</sup>A artilharia nasceu da necessidade dos exércitos de transporem obstáculos que detinham o seu avanço, como muros de uma cidade ou muralhas de uma fortificação. A necessidade, a mãe da arte, fez com que se criassem engenhos para se agir à distância e destruir ou arremessar projéteis sobre os obstáculos. A palavra artilharia pode ter-se originado do latim *artilare*, “dotar de engenho”. A criação de engenhos de arremesso como armas de guerra faz a artilharia anteceder à época das armas de fogo (CASTRO, BITTENCOURT, 1991, p.19).

<sup>647</sup>ALPOIM, 1744, p.49.

<sup>648</sup>ALPOIM, 1744, p.59.

<sup>649</sup>Uma pequena enxada.



**Figura VII-117:** Agulhas que compõem o estojo de instrumentos de trabalho do artilheiro. As agulhas servem para abrir o fogão quando a pólvora está endurecida (*Fig. 1ª*); para escorvar a peça e romper o cartucho (*Fig. 2ª*); uma verruma (*Fig. 3ª*); uma agulha com ponta chata para limpar o ouvido da peça retirando o salitre ou enxofre que se lhe tenha agarrado (*Fig. 4ª*); agulha para medir a grossura dos metais (*Fig. 5ª*); uma agulha para retirar algo que esteja dentro do ouvido da peça (*Fig. 6ª*). Estampas do Tratado III de O *Exame de Artilheiros*, de José Fernandes Pinto Alpoim (Fonte: ALPOIM, José Fernandes Pinto (1700-1765). *Exame de Artilheiros*, 1744. Reprodução fac-similar, Biblioteca Reográfica Xerox, Rio de Janeiro, 1987).

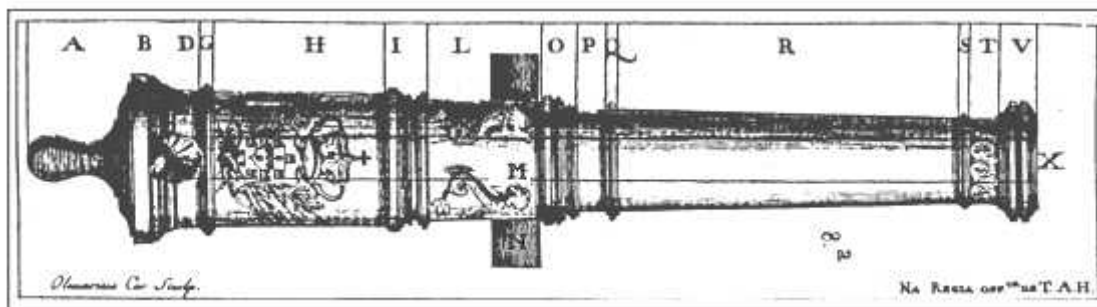
A grande diversidade de peças de artilharia obrigava os artilheiros a saberem identificá-las.

As peças de artilharia serviam para ajudar na conquista de praças abrindo brechas nas muralhas ou para promover a defesa contra as baterias do inimigo. As peças utilizadas eram diferenciadas pelo peso dos projéteis que lançavam, medidos em libra. As mais utilizadas seriam *peças de 48 libras de bala, de 36, de 33, de 24, de 16, de 12, de 4, de 1 e de ½ libra, e das entremedias [intermediárias]*<sup>650</sup>.

As peças eram fundidas em bronze ou ferro e compostas de um mesmo conjunto de partes (Figura VII-118):

- |  |   |
|--|---|
| A <i>Culatra</i>                         | M <i>Golfinhos</i>                                    |
| B <i>Faixa da culatra</i>                | N <i>Munhões</i>                                      |
| C <i>Moldura da espalda</i>              | O <i>Moldura do segundo reforço</i>                   |
| D <i>Liso do fogão</i>                   | P <i>Liso da moldura do segundo reforço</i>           |
| E <i>Fogão, ou ouvido com sua concha</i> | Q <i>Bocel do segundo reforço</i>                     |
| F <i>Bocel do fogão</i>                  | R <i>Bolada</i>                                       |
| G <i>Primeiro reforço</i>                | S <i>Bocel da bolada</i>                              |
| H <i>Segundo reforço</i>                 | T <i>Liso, colo, garganta, ou colarinho da bolada</i> |
| I <i>Moldura do segundo reforço</i>      | V <i>Bocal da peça</i>                                |
| L <i>Segundo reforço</i>                 | X <i>Bocadura, ou boca da peça</i>                    |

<sup>650</sup>ALPOIM, 1744, p.70.



**Figura VII-118:** Peça de Artilharia. Estampa do Tratado III do *Exame de Artilheiros*, de José Fernandes Pinto Alpoim (Fonte: ALPOIM, José Fernandes Pinto (1700-1765). *Exame de Artilheiros*, 1744. Reprodução fac-similar, Biblioteca Reprográfica Xerox, Rio de Janeiro, 1987).

Para conhecer o bom bronze<sup>651</sup>, ou ferro, o artilheiro deveria fazer uso de uma talhadeira para cortar um pequeno pedaço da peça em local que não lhe fizesse defeito, como no cascavel ou munhão. Caso o corte produzisse uma fita de bronze, ou ferro, seria sinal de que era de boa qualidade. Nas peças cuja qualidade não era boa, deveria o artilheiro tomar cautela com a carga de pólvora que poderia fazer a peça de metal romper ou explodir. Com as agulhas adequadas (Figura VII-117), o artilheiro deveria avaliar defeitos na superfície e medir a espessura da peça, porque também a falta de metal implicaria dar menos pólvora e menor peso de bala.

O quanto de carga se deve dar às diferentes armas é apresentado de uma forma simplificada:

Todas as peças de bater, e as de campanha de doze palmos de comprido para baixo, se carregam com metade do peso da bala de ferro.

Todas as peças de campanha de doze palmos de comprido para cima, e as peças de regimento, e todas as de quinze até vinte e dois palmos e mais de comprido, que jogam de doze até vinte e cinco libras de bala de ferro, carregam pelos dois terços do seu peso<sup>652</sup>.

Em resumo, Alpoim afirma que o segredo da Artilharia dependia de se saber pesar e medir, isto é, pesar a pólvora e a bala e medir o comprimento das peças. As peças mais compridas receberiam proporcionalmente uma maior

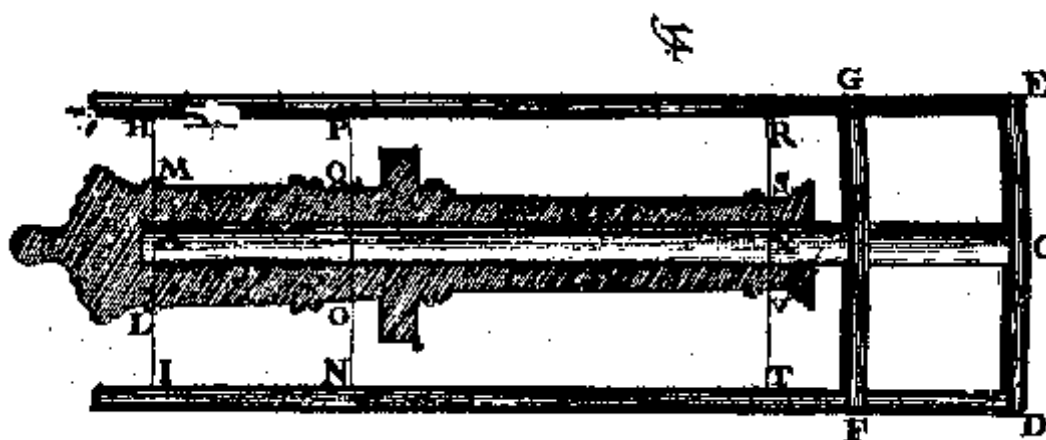
<sup>651</sup>Em Portugal, informa Alpoim (1744, p.60), o bronze utilizado nas peças de artilharia era tal que a cada 12 libras de estanho se acrescentavam 100 libras de cobre. Em relação ao ferro, nada informa.

<sup>652</sup>ALPOIM, 1744, p.80.

carga de pólvora para que a ação dessa pólvora acompanhasse a bala até a boca.

As armas de fogo deveriam ser carregadas com *cocharra*, com cartucho ou com saquinho. A *cocharra* teria a forma de uma colher, montada em uma comprida haste, e serviria para levar a carga de pólvora dentro da câmara da peça ou para retirar a bala e a pólvora de uma peça que se desejava descarregar. O texto ensina como se faz uma *cocharra*, um cartucho e as cargas que se deve dar aos diferentes usos<sup>653</sup>. Aos mais curiosos informa que, caso desejassem saber mais detalhes sobre o estudo das *cocharras*, poderiam usar como texto complementar o *Tratado*, não deixando claro se era um manuscrito ou um texto impresso<sup>654</sup>.

Os defeitos poderiam comprometer o uso da peça. O mais severo seria quando se verificava que o eixo de simetria da alma não coincidia com o eixo longitudinal da peça. Um tipo simples de estrutura de madeira (Figura VII-119) permitia que se verificasse se uma peça estava *ladeada*.



**Figura VII-119:** Estrutura de madeira que permite verificar se a peça de artilharia está *ladeada*, isto é, se o eixo da alma não coincide com o eixo da peça. A perda de simetria na estrutura, que pode facilmente ser verificada pela medida das distâncias, apenas ocorrerá nas peças ladeadas. (Fonte: ALPOIM, José Fernandes Pinto (1700-1765). *Exame de Artilheiros*, 1744. Reprodução fac-similar, Biblioteca Reprográfica Xerox, Rio de Janeiro, 1987).

O longo tratamento que Alpoim<sup>655</sup> dedica ao estudo dos possíveis defeitos que poderiam ser encontrados nas peças de artilharia e à forma de

<sup>653</sup>ALPOIM, 1744, pp.82-111.

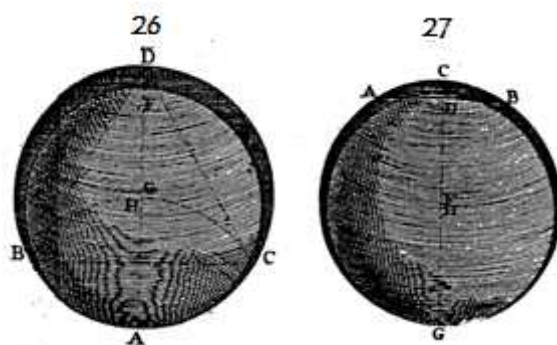
<sup>654</sup>ALPOIM, 1744, p.96

<sup>655</sup>ALPOIM, 1744, pp.89-95.



remediá-los e continuar a usar as peças defeituosas não deve ter sido feito sem motivo. O artilheiro certamente iria conviver com peças de baixa qualidade.

As balas deveriam ser feitas de ferro macio e não quebradiço; deveriam ser esféricas, lisas, sem *brocas* nem *mamilos*. O diâmetro da bala, assim como o diâmetro da peça, deveriam ser medidos para que se soubesse retirar vento à peça. As balas não poderiam estar justas. Uma folga necessária, a que chamavam *vento*, seria obtida porque o diâmetro da bala é menor que o diâmetro da alma da peça. Todo artilheiro deveria *saber* tirar vento à peça (Figura VII-120).



**Figura VII-120:** Nas figuras 26 e 27, as balas de ferro estão desenhadas na boca das peças de artilharia para evidenciar a diferença entre os diâmetros das balas e das almas das peças de artilharia de ferro (26) e bronze (27) (Fonte: ALPOIM, José Fernandes Pinto (1700-1765). *Exame de Artilheiros*, 1744. Reprodução fac-similar, Biblioteca Reprográfica Xerox, Rio de Janeiro, 1987).

Nas peças de ferro, uma bala de 4 libras deveria ser lançada por uma peça cujo diâmetro da alma equivalia ao de uma bala de 5 libras. A mesma razão,  $\frac{4}{5}$ , deveria ser mantida para outras balas. Portanto, uma bala de 16 libras deveria ser lançada por peças de ferro com diâmetro de alma equivalente ao de uma bala de 20 libras ( $\frac{16}{20} = \frac{4}{5}$ ). Nas peças de bronze o espaço deixado para o vento é menor, e a razão  $\frac{6}{7}$  deverá ser considerada<sup>656</sup>. O artilheiro poderia considerar como regra para as peças de artilharia de ferro que, para cada 5 libras de embocadura, reservava uma para o vento, da mesma forma que, para peças de bronze deveria deixar, para cada 7 libras de embocadura, uma para o vento.

<sup>656</sup>ALPOIM, 1744, pp.112-113.

O artilheiro e o oficial da Artilharia deveriam sempre ter consigo um instrumento de medida que lhes permitisse facilmente saber o peso de uma bala em libras. Para isto, o artilheiro utilizaria uma escala, o calibre, que evitaria os cálculos. O calibre era uma haste longa com quatro faces, e em cada uma delas existia uma escala diferente. Com uma das escalas, o artilheiro deveria medir o diâmetro da embocadura da peça. A seguir, nas duas faces contíguas à escala que utilizou, teria o valor do peso da bala de ferro em uma das faces; e na outra, o peso da bala de chumbo; ambas com o diâmetro igual ao da embocadura da peça de artilharia. Nas peças de ferro, para cada 5 libras reservava uma para o vento, e assim determinava o peso da bala. Da mesma forma, como já foi dito anteriormente, nas peças de bronze para cada 7 libras se deixaria uma para o vento. O calibre era um instrumento tão importante que, na sua ausência, deveria o artilheiro saber construí-lo sobre uma superfície plana, o que Alpoim ensina sem mostrar os cálculos necessários<sup>657</sup>, mas afirma que estes estavam no texto ao qual se refere como “minha artilharia”.

Para construir a escala do *calibre* que fornece o peso da bala com o diâmetro da embocadura, sempre se usava como unidade o diâmetro de uma bala de ferro, ou chumbo, de uma libra. A este comprimento se associava o número 1 da escala. O diâmetro da bala de 2 libras seria na escala onde se colocaria o número 2. Ao diâmetro da bala de 3 libras, o número 3 e assim sucessivamente. Os cálculos dos diâmetros das balas para os respectivos pesos não precisavam ser feitos pelo artilheiro, porque já estavam prontos na Tabela VII-14<sup>658</sup>.

<sup>657</sup>ALPOIM, 1744, p.115.

<sup>658</sup>Qual seria o diâmetro, ou raio, de uma bala de peso 2 libras?

Vamos considerar que uma bala esférica de uma libra tem um volume  $V_1 = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3$ . Uma bala com o dobro do peso, se feita do mesmo material, terá o dobro do volume. A esfera com o dobro do volume terá um raio que chamaremos de R, cujo valor responde à pergunta.

Sejam as equações: (I)  $V_1 = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3$  e (II)  $2V_1 = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot (R')^3$ . Dividindo a equação (II) por (I),

teremos:  $\left(\frac{R'}{R}\right)^3 = 2$ , ou  $R' = R \cdot \sqrt[3]{2}$ . Usando logaritmos para dar solução à equação, e fazendo

$R = 100$ , teremos:  $\log R' - \log 100 = \frac{1}{3} \log 2$ . De onde se retira que  $R' = 126$

Da mesma forma, poderíamos fazer os cálculos para balas de diferentes pesos, sempre considerando o raio da bala de 1 libra igual a 100 unidades de comprimento. A reunião de todos os dados em uma tabela corresponderia a fazê-la uma tabela semelhante à que Alpoim apresentou em *O Exame de Artilheiros* (Tabela VII-14).

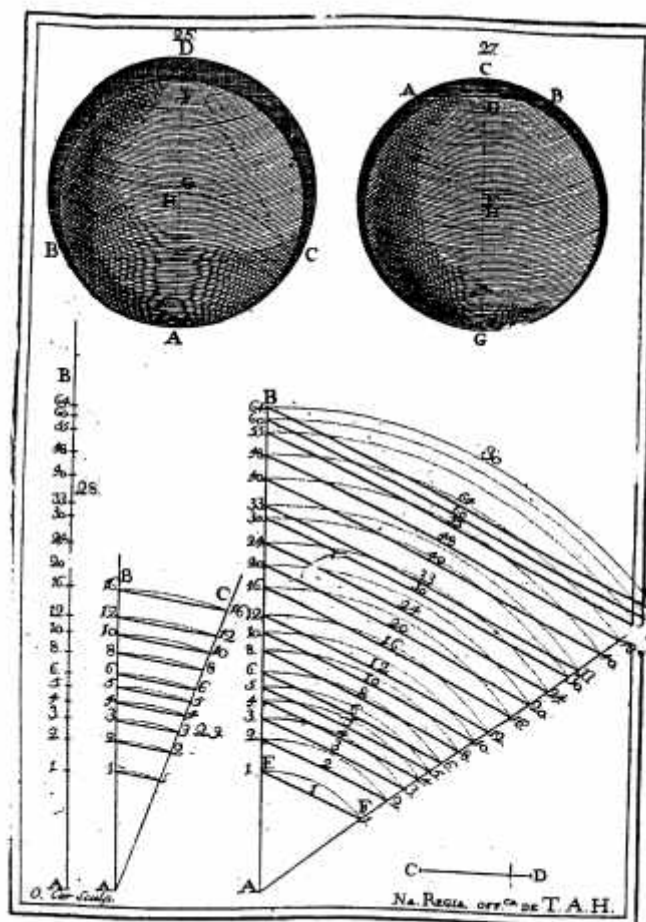
Para traçar a escala sobre uma superfície plana, o primeiro procedimento do artilheiro deveria ser medir o diâmetro da bala de uma libra de ferro ou chumbo, conforme a escala que pretendia traçar. Em um segmento de reta, a partir da origem A (figura 28 da estampa mostrada na Figura VII-121), marca-se o número 1, e assim surge o segmento de reta A1 com a extensão do diâmetro da bala de peso uma libra. Consultando a Tabela VII-14, o artilheiro verificará que o segmento A2, que terá a extensão igual ao diâmetro da bala de 2 libras, deverá ser 1,26 maior que A1. Da mesma forma, o segmento de reta A3, que terá o diâmetro da bala de 3 libras, será 1,44 vezes maior que A1.

**Tabela VII-14:** Tabela que permite ao artilheiro, ou oficial da Artilharia, construir a escala para o seu calibre. Como podemos notar na terceira coluna, uma bala de calibre 1 libra tem um diâmetro com 100 unidades de comprimento. Uma bala de peso 2 libras terá um diâmetro 126 unidades de comprimento. (Fonte: ALPOIM, José Fernandes Pinto Alpoim (1700-1765). *Exame de Artilheiros*, 1744. Reprodução fac-similar, Biblioteca Reprográfica Xerox, Rio de Janeiro, 1987).

Taboada, numeroprimeiro, onde se achão os diâmetros das ballas suppondo o diâmetro de huma libra dividido em 100. partes iguaes.													
onças	partes	libras	partes	li.	Par.	li.	Par.	li.	Par.	li.	Par.	li.	Par.
1	40	1	100	21	275	41	344	61	393	81	432	101	465
2	50	2	116	22	280	42	347	62	395	82	434	102	467
3	57	3	144	23	284	43	350	63	397	83	436	103	468
4	63	4	178	24	288	44	353	64	400	84	437	104	470
5	68	5	171	25	292	45	355	65	401	85	439	105	471
6	72	6	181	26	296	46	358	66	404	86	441	107	474
7	76	7	191	27	300	47	360	67	406	87	443	108	476
8	80	8	200	28	303	48	363	68	408	88	444	109	477
9	88	9	208	29	307	49	367	69	410	89	446	111	480
10	85	10	215	30	314	50	398	70	412	90	448	112	482
11	88	11	222	31	314	51	370	71	414	91	449	113	483
12	91	12	229	32	316	52	373	72	416	92	451	114	484
13	91	13	235	33	320	53	375	73	417	93	453	115	486
14	93	14	241	34	324	55	378	74	419	94	454	116	487
15	96	15	246	35	327	56	380	75	421	95	456	117	489
16	96	16	252	36	330	56	382	76	423	96	457	118	490
17	98	17	257	37	333	57	384	77	425	97	459	119	491
18	100	18	262	38	336	58	387	78	427	98	461	120	493
19		19	266	39	339	59	389	79	429	99	462	121	494
20		20	271	40	342	60	391	80	430	100	464	122	495
												123	497
												124	498
												125	500

O soldado artilheiro em batalha não teria tempo para cálculos e deveria ser mais prático e menos teórico. A pronta decisão de ser a bala que tinha em mãos a mais adequada, ou não, deveria ser feita rapidamente. Quando a bala não era a melhor para o uso, mas era a única, não lhe restava outra opção a não ser saber aplicar um rápido remédio ao problema. Na opinião de Alpoim, este seria um bom artilheiro. Após colocar a bala na boca da peça, deveria

comparar os tamanhos. Esta nunca poderia ser justa ou maior que o diâmetro da boca. No entanto, quando era menor do que deveria ser, mesmo assim ainda poderia ser utilizada. Para isso, bastava que o artilheiro a envolvesse com estopa até que entrasse justa na peça<sup>659</sup>. O soldado deveria estar apto para trabalhar mesmo em condições precárias, que não eram raras no Reino.

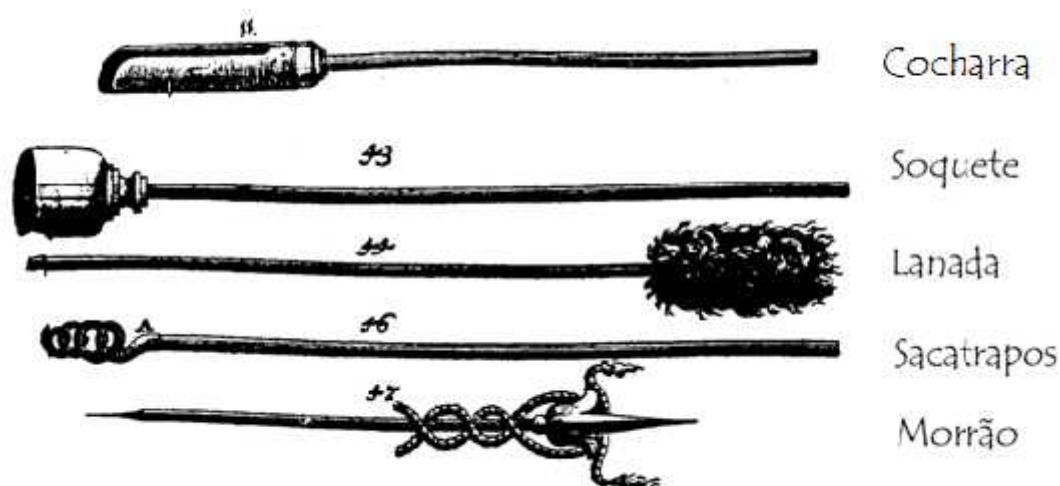


**Figura VII-121:** Na figura 28 da estampa, mostra-se a escala do calibre, o segmento de reta AB utilizado para medir o peso da bala com a embocadura da peça de artilharia. (Fonte: ALPOIM, José Fernandes Pinto (1700-1765). *Exame de Artilheiros*, 1744. Reprodução fac-similar, Biblioteca Reprográfica Xerox, Rio de Janeiro, 1987).

Após determinar o calibre da bala, o artilheiro poderia seguir e dar a correta carga de pólvora da peça, e para isso fazia uso de ferramentas adequadas, como as mostradas na Figura VII-122. Este seria o momento mais perigoso do seu trabalho. Para diminuir a possibilidade de erros fatais, os artilheiros deveriam ser treinados no sentido de sempre estarem atentos a quinze regras gerais:

<sup>659</sup>ALPOIM, 1744, p.124.

- 1°. Saber com quanta pólvora se deve carregar a peça.
- 2°. Se achar alguma peça carregada não faça uso dela.
- 3°. Uma peça deve ser muito bem limpa por dentro antes de ser carregada.
- 4°. Antes de dar a primeira carga à peça, deve-se retirar a umidade da peça, o que se faz dando fogo à peça com uma carga de meia *cocharra* de pólvora.
- 5°. A pólvora deverá ser mantida em posição segura, ao menos vinte passos da peça, e quando abrir o barril, se evitar dar golpes com pedras ou qualquer outra coisa que possa produzir centelhas, sendo melhor usar um pedaço de madeira.
- 6°. Procurar balas e tacos convenientes ao calibre da peça.
- 7°. Examinar se a *cocharra*, ou o cartucho, são conformes a tal peça.
- 8°. Encher a *cocharra* no barril tomando cuidado para não deixar cair pólvora no chão.
- 9°. Introduzir a pólvora apenas na câmara da peça, evitando deixar resíduos nas paredes da alma.
- 10°. Meter o taco pela boca da peça até chegar à pólvora e com o soquete lhe deverá aplicar oito, ou dez pancadas, enquanto mantém o ouvido da peça tapado com o dedo. A seguir, colocar a bala e com o soquete lhe aplicar duas ou três pancadas moderadas. Por último, assentar outro taco sobre a bala com o auxílio de quatro pancadas moderadas. A pólvora, os tacos e a bala devem formar um só corpo.
- 11°. O artilheiro nunca deverá trabalhar na frente da peça. Todas as operações se fazem ao lado.
- 12°. Escorvar a peça com pólvora boa e fina, fazendo um rasto sobre a faixa alta da culatra para que não se dê fogo em cima do ouvido.
- 13°. Uma peça que possuir irregularidades na superfície da alma deverá ser lavada com água para lhe apagar qualquer faísca.
- 14°. Tornando a carregar novamente, deve-se limpar a alma da peça.
- 15°. Nunca se carrega a peça descoberta, ou *alvorada*, quer dizer, à vista do inimigo, porque facilmente poderá atirar e matar o artilheiro ou a descavalgar.



**Figura VII-122:**As ferramentas para dar a carga de pólvora necessária à peça de artilharia e produzir a sua ignição. (Fonte: ALPOIM, José Fernandes Pinto (1700-1765). *Exame de Artilheiros*, 1744. Reprodução fac-similar, Biblioteca Reprográfica Xerox, Rio de Janeiro, 1987).

Os procedimentos que se devem fazer para dar carga a uma peça mostram o perigo que envolvia a manipulação direta da pólvora, retirando o explosivo com o auxílio de uma colher, a *cocharra*, e transportando-o na colher com muito cuidado, não deixando de observar o vento, para que nenhuma pólvora caísse no chão ou ficasse agarrada nas paredes da alma. O erro sempre seria muito grave, e o autor deixa claro que os quinze itens não são apenas procedimentos, mas regras gerais que não poderão ser desobedecidas. A operação de dar carga seria sempre perigosa e, como descreve Alpoim<sup>660</sup>, “o artilheiro, antes de pegar a lanada molhada para limpar o interior da alma da peça, deverá conduzir o seu pensamento a Deus, e em nome de Deus, e da senhora Santa Bárbara dar início à operação de carga”. No décimo procedimento das regras gerais, o artilheiro deverá fazer o sinal da Cruz com a dita bala na boca da peça, e posto ao lado da peça, introduzir a bala em nome da Senhora Santa Bárbara, a padroeira dos artilheiros.

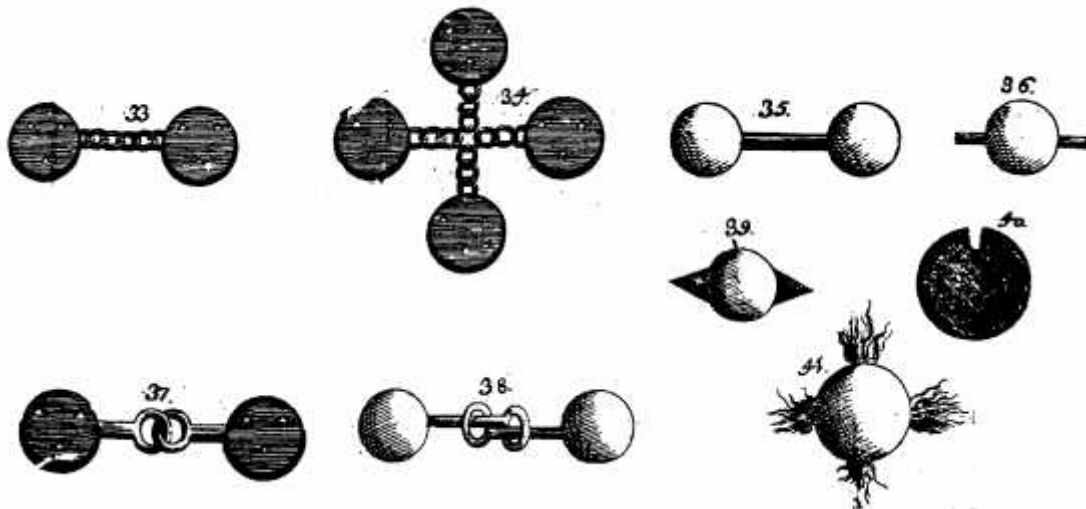
A operação de carga se tornou mais breve, e o seu perigo foi diminuído com a utilização de cartuchos, que evitavam a manipulação direta da pólvora e já transportavam em uma das suas extremidades a bala, ou *mitralha*<sup>661</sup>. As peças que se carregavam com cartucho não tinham necessidade de taco, e o

<sup>660</sup>ALPOIM, 1744, p.138.

<sup>661</sup>A *mitralha* é formada por um grande número fragmentos sólidos que serão dispersados no ato do tiro, ou sobre o alvo, quando a *mitralha* é conduzida por uma bomba.

artilheiro deveria tomar o cuidado de não cometer o erro de colocar o cartucho na peça em posição invertida, com a bala e não a pólvora ocupando a câmara da peça.

As balas utilizadas não eram necessariamente sempre esferas de ferro. Uma variedade de tipos diferentes de balas existia, uma para cada situação específica (Figura VII-123).



**Figura VII-123:** Variedade de balas, diferentes de simples esferas de ferro, que também tinham uso na Artilharia (Fonte: ALPOIM, José Fernandes Pinto (1700-1765). *Exame de Artilheiros*, 1744. Reprodução fac-similar, Biblioteca Reprográfica Xerox, Rio de Janeiro, 1987).

Os disparos também poderiam ser feitos de forma diferenciada. No tiro de *chapeleta*, se usava dar à peça pequena inclinação, de oito a doze graus, e com muito pouca pólvora de carga. Neste tipo de disparo, o projétil era lançado a pequenas distâncias, no máximo 130 braças, para que caísse sobre as defesas do inimigo, destruindo os parapeitos, desmontando as peças de artilharia e causando grandes danos e terror<sup>662</sup>.

A bateria seria o lugar onde se põe a artilharia para atirar no inimigo. Nas batalhas de sítio, as baterias eram feitas para abrir brechas, desmontar artilharia do inimigo ou desalojar o inimigo das suas defesas.

As peças de artilharia sempre deveriam ser utilizadas com cuidado para que dela não se fizesse uso excessivo e assim elas rebentassem. A falta de

<sup>662</sup>O tiro de *chapeleta* foi desenvolvido por Sébastien Le Prestre (1633-1707), marquês de Vauban.

refrigeração era uma das causas, logo, em um dia de inverno, a cada seis tiros seria necessário refrigerar a peça, e no verão, a cada cinco tiros.

As peças pequenas deverão ser refrigeradas a cada dez tiros. O maior número de tiros que uma peça pode atirar em uma hora é dez, com peças grandes, e tendo atirado trinta tiros, se deve descansar a peça por uma hora<sup>663</sup>.

Com peças que atiram balas de uma libra, Alpoim afirmou já ter atirado 22 tiros por minuto na presença de seu mestre, Manoel de Azevedo Fortes, em 1738, na Beira, e que atiraria mais se fosse necessário. Em 1742, no Rio de Janeiro, diz ter repetido tal proeza, dessa vez na presença do General Gomes Freire e do Mestre de Campo André Ribeiro Coutinho<sup>664</sup>. A frequência descrita no texto, cerca de um tiro a cada três segundos, é inacreditável. Provavelmente há um erro no texto. Um valor admissível poderia ser 22 tiros por hora, ou um tiro a cada três minutos, o que ainda seria impressionante considerando todas as operações realizadas a cada tiro.

Após falar como se carregam as peças de artilharia, restava ainda ver como eram feitas as pontarias. Um método prático é descrito por Alpoim<sup>665</sup>:

Pondo-se o Artilheiro dentro do reparo na culatra da peça, com um olho fechado, outro aberto, e pelas jóias busque a raiz do alvo, e logo pela mesma jóia da culatra, e pelo frontal de mira, se vai demandar o alvo, nas peças de grande calibre um palmo é forçado por cima do mesmo alvo, e nas peças de pequeno calibre, meio palmo, de sorte que fiquem estes três pontos, em uma linha reta, e temos feito a pontaria. Esta linha visual é quase paralela à alma da peça.

Uma segunda maneira prática de fazer boa pontaria seria pelo raso do metal<sup>666</sup>:

Também é boa pontaria, buscando a raiz do alvo pelas jóias primeiramente, e depois, com uma régua bel galgada, posta da mais alta faixa até a boca, de jóia a jóia, sobre as mesmas jóias, e com um nível por cima, por a tal régua paralela ao horizonte, de forma que a peça fique com elevação sobre o horizonte [por ser a culatra mais espessa que a boca]. Posta a peça nesta situação, se busque o alvo (tirando a régua) pelas mesmas jóias, que se descobrir, certamente daremos no alvo.

---

<sup>663</sup>ALPOIM, 1744, p.154.

<sup>664</sup>ALPOIM, 1744, pp.154-155.

<sup>665</sup>ALPOIM, 1744, p.155.

<sup>666</sup>ALPOIM, 1744, p.156.



Em resumo, quando se atira sempre primeiro se faria a pontaria pela joia. Alpoim<sup>667</sup> adverte:

É necessário advertir que por mais justeza que haja nos tiros feitos em uma bateria, é preciso começar a atirar de baixo para cima, até que acertemos o alvo; e sendo os tiros de perto (que são os verdadeiros) a melhor pontaria é encher a boca da peça do alvo a que queremos atirar, e dar fogo à peça.

O artilheiro, diferente do bombeiro, usava as peças de artilharia para lançar projéteis que descreviam trajetórias com pouca curvatura. Assim sendo, as formas práticas de apontar a arma, descritas acima, deveriam atender ao uso mais comum que os artilheiros davam às armas<sup>668</sup>. No entanto, quando os alvos estavam distantes, precisaria o artilheiro saber elevar a peça para aumentar o alcance do tiro. Como faria um artilheiro para dar elevação à peça? Ensinava Alpoim<sup>669</sup>:

Facilmente, porque não há mais que pôr o instrumento de dar elevação às peças (a que eu chamo nova esquadra)<sup>670</sup> sobre qualquer faixa, ou na culatra, ou bocal, ou no liso do fogão, ou no colo, e ver os graus, que queremos, e assim mandar, ou levantar a peça de jóia, ou de culatra, até que o mostrador aos graus pedidos, e temos dado a elevada elevação à peça. Eu prefiro esta nova esquadra [veja Figura VII-111], às mais esquadras; porque com esta não importa que a boca da peça esteja, ou fora do parapeito, ou dentro da canhoneira, e com a esquadra ordinária [veja Figura VII-113], não sei como se possa fazer isto comodamente, e sem perigo evidente.

O artilheiro que desejasse saber o alcance máximo da sua peça não precisaria atirar com a peça elevada de 45 graus. O resultado poderia ser conhecido com o tiro com a peça elevada de 15 graus. No texto, Alpoim<sup>671</sup> apresenta diversos resultados, reunidos na Tabela VII-15, que lhe permitiram concluir que a experiência mostrava que o alcance de um tiro em uma peça elevada de 15 graus seria metade do alcance máximo<sup>672</sup>.

<sup>667</sup>ALPOIM, 1744, p.156.

<sup>668</sup>Como foi visto no capítulo anterior, Fortes descreveu cinco formas diferentes de apontar a peça de artilharia. No entanto, as três descritas por Alpoim deveriam ser as mais comuns.

<sup>669</sup>ALPOIM, 1744, p.157.

<sup>670</sup>ALPOIM, 1744, p.50.

<sup>671</sup>ALPOIM, 1744, p.158.

<sup>672</sup>Considerando que o alcance de um tiro na ausência de resistências oferecidas pelo ar é dado por:

$$A = \frac{v_0^2}{g} \cdot \text{sen}(2\alpha)$$

**Tabela VII-15:** Medidas de diferentes alcances fornecidas por Alpoim<sup>673</sup>, sem informar como, quando e onde foram obtidas. Com os dados, sustenta sua afirmação de que a experiência mostrava que o alcance com a arma elevada de 15 graus seria a metade do alcance máximo.

Calibre da peça (libras)	Peça elevada de 45 graus Alcance (braças)	Peça elevada de 15 graus Alcance (braças)	Peça nivelada Alcance (braças)
33	2250	1125	225
24	2250	1125	225
16	3000	1500	300
12	1875	937 $\frac{1}{2}$	168 $\frac{3}{4}$
8	1875	937 $\frac{1}{2}$	150
4	1125	562 $\frac{1}{2}$	112 $\frac{1}{2}$
2	552 $\frac{1}{2}$	276 $\frac{1}{4}$	55 $\frac{1}{4}$

No passado, os artilheiros descobriram empiricamente que o alcance máximo no lançamento de um projétil se daria quando o eixo da peça de artilharia estivesse elevado de 45 graus acima do horizonte, ao que Alpoim acrescenta que com 15 graus de elevação, o alcance seria metade do máximo. Como foi comentado anteriormente, Galileu, através de raciocínio demonstrativo, chegou ao mesmo resultado<sup>674</sup>, demonstrando a antiga experiência dos artilheiros, e foi mais longe, demonstrando o que, talvez, até então, não tinham tomado conhecimento através da experiência obtida com a prática. Nas *Duas Novas Ciências*, Quarta Jornada, Teorema V – Proposição VIII, Galileu demonstrou que:

As amplitudes das parábolas [alcance] descritas pelos projéteis efetuados com um mesmo ímpeto e disparados segundo elevações menores ou maiores numa mesma quantidade que o ângulo de 45 graus são iguais entre si.

A afirmação de que se teria um mesmo alcance em tiros igualmente afastados da elevação de 45 graus não se encontra no *Engenheiro Português*. No entanto, Alpoim não a ignorou, apresentando-a como resultado da experiência, e nada demonstrando matematicamente<sup>675</sup>:

O tiro feito com elevação de quarenta e cinco graus alcança o dobro do tiro feito com quinze graus: os tiros igualmente distantes de quarenta e cinco graus são iguais, como o tiro feito por trinta e cinco graus alcança o mesmo que o tiro feito com cinquenta e cinco graus porque de trinta e cinco graus a

---

Como para  $\alpha = 15^\circ$ :  $\text{sen}(2\alpha) = \text{sen } 30^\circ = 0,5$ . Da mesma forma, para  $\alpha = 45^\circ$ :  $\text{sen}(2\alpha) = \text{sen } 90^\circ = 1$ . De onde se conclui que o alcance da bala lançada com 15 graus de elevação tem a metade do alcance máximo, que ocorre quando a elevação é de 45 graus.

<sup>673</sup>ALPOIM, 1744, p.158.

<sup>674</sup>Capítulo IV, pp.180-181.

<sup>675</sup>ALPOIM, 1744, p.157.

quarenta e cinco graus vão dez, e de cinqüenta e cinco graus a quarenta e cinco graus vão os mesmos dez graus de diferença, porque são igualmente distantes de quarenta e cinco graus.

Como podemos notar, Alpoim apresenta os resultados como regras práticas do que já tinha sido demonstrado há mais de um século na Física Moderna. Ao evitar demonstrações, como também fez Manoel de Azevedo Fortes no *Engenheiro Português*, não teria de tornar evidente que conhecia e estudou as ideias de um autor malvisto em Portugal<sup>676</sup>. Mas por que Alpoim não trata dos demais alcances?

Porque senão sabem pela experiência, e as tabelas dos Autores são falsas, não pelos seus fundamentos, mas ainda pelas infinitas mudanças, que se acham nas peças, que não dão lugar a averiguar a verdade, e me parecem semelhantes tabelas escuzadíssimas, por não servirem mais do que para mostrar a engenhosa invenção de seus Autores, e na prática não têm utilidade alguma. Os que laboram com artilharia conhecem esta verdade.

Porém aconselho aos novos Artilheiros que sigam o parecer daqueles que têm experiência na peça, **porque mais vale um pouco de uso e experiência de Artilheiro, que sabe, do que todas quantas esquadras há** [o grifo é meu]<sup>677</sup>.

Manoel de Azevedo Fortes e Alpoim compartilhavam uma mesma opinião: o alcance de uma arma era imprevisível<sup>678</sup>. As infinitas mudanças que poderiam ocorrer em uma peça de artilharia não permitiam que o tiro tivesse um alcance previsível, valendo muito mais a prática ao artilheiro que a teoria dos autores. Os muitos defeitos poderiam conspirar contra a previsão das tabelas dos autores. Uma peça *ladeada*, a que tinha o eixo da alma não coincidente ao eixo da peça, nunca produzia bom tiro, por mais que se procurasse corrigir. Os oficiais que aceitavam tais peças de artilharia para compor uma bateria deveriam ser castigados, na opinião de Alpoim<sup>679</sup>, porque um pobre artilheiro usando-as seria desonrado diante do seu General. Aos

---

<sup>676</sup>O fato de Alpoim não ter citado Galileu como o autor da demonstração da afirmação a que se refere pode ter ocorrido por duas razões: de fato ignorava a obra de Galileu, o que não era impossível de ter ocorrido em Portugal, considerando que Galileu era um condenado pelo Santo Ofício desde 1633 e Alpoim não teve uma formação no exterior; ou pode ter sido omissão por conveniência, considerando que toda obra redigida, antes de ser impressa, deveria ser aprovada pela tríplice censura: a episcopal, a inquisitorial e a temporal.

<sup>677</sup>ALPOIM, 1744, pp.158-159.

<sup>678</sup>ALPOIM, 1744, p.478

<sup>679</sup>ALPOIM, 1744, p.166.

oficiais sugere que não aprovelem peças com defeito e as inutilizem quebrando um munhão.

O artilheiro deveria saber escolher o melhor alvo. Quando pretendia demolir, ou bater uma muralha, a pontaria deveria ser feita no terço da altura da muralha mais próximo do terreno natural, procurando alojar a peça de artilharia a uma distância da muralha entre 135 braças e 144 braças. Os parapeitos serão arruinados mais facilmente quando as balas batem na raiz do cordão. Quando se atira contra um navio entrado numa barra, o alvo seria o meio do navio, no nível da água para assim pô-lo a pique. Com diversos exemplos, segue Alpoim<sup>680</sup> ensinando ao artilheiro para em cada caso escolher o melhor alvo.

Como os demais autores aos quais nos referimos anteriormente, também Alpoim<sup>681</sup> ensina um teste qualitativo que se poderia fazer facilmente para qualificar a pólvora:

Assim: ver se a pólvora é azulada, que não brilhe posta ao Sol, ou pondo uma pouca sobre um papel branco, dar-lhe fogo; se o tomar logo instantaneamente e o fumo subir em coluna ao ar de cor azulado, e não deixar sobre o papel negruras, raios e faíscas que possam queimar o papel, é boa a pólvora; e se fizer o contrário, é má<sup>682</sup>.

Quais são as vozes do manejo de uma peça? Os soldados artilheiros deveriam responder uníssonos às vozes de comando do oficial<sup>683</sup>, que seriam<sup>684,685</sup>:

---

<sup>680</sup>ALPOIM, 1744, pp.170-179.

<sup>681</sup>ALPOIM, 1744, p.185.

<sup>682</sup>ALPOIM, 1744, p.185.

<sup>683</sup>Como peças de uma máquina, a Máquina de Guerra.

<sup>684</sup>ALPOIM, 1744, pp. 188-190.

<sup>685</sup>Um dos traços da modernidade foi a racionalização dos processos para buscar maior eficácia. A análise fracionava os processos para orientar qualquer decisão que fosse tomada no sentido de modificar a técnica e, assim, aumentar a eficiência. Com a disciplina militar, se procurou obter o controle dos movimentos dos soldados como se fossem partes de uma máquina, a Máquina de Guerra. O líder político e militar holandês Maurício de Nassau (1567-1625), que se tornou Príncipe de Orange em 1618, foi quem introduziu na Europa esta forma de treinamento dos soldados, que deu às tropas holandesas a capacidade de ter importantes vitórias contra a Espanha. A nova arte de fazer a guerra não foi mantida em segredo. Em 1607, com a publicação do livro *Wapenhandelinge van Roers, Musquetten ende Spiessen, Achtervolgende de Ordre van Syn Excellentie Maurits, Prince van Orange*, ilustrado pelo artista Jacob de Gheyn, tornou-se pública a nova forma de treinar os exércitos. As ilustrações do livro mostravam o treinamento que se deveria dar aos soldados para que, através de uma exaustiva repetição de movimentos cadenciados e uníssonos, se estabelecesse o controle sobre os

- |  |   |
|--|---|
| 1 Cada um ao seu posto.  | 24 Enchê-la [de pólvora], ou pegar no cartucho.   |
| 2 Destapar a peça.   | 25 Metê-la, ou metê-lo na peça.                   |
| 3 Pegar nos espeques.  | 26 Largar a pólvora, ou cartucho na alma da peça. |
| 4 Pôr a peça na horizontal, pouco mais, ou menos.  | 27 Chegá-la, ou chegá-lo, à câmara.               |
| 5 Tirar a pranchada, ou capitel.   | 28 Meter o taco.                                  |
| 6 Destapar o ouvido [da peça].   | 29 Pegar no soquete.                              |
| 7 Apontar a peça.  | 30 Metê-lo na peça.                               |
| 8 Pegar no diamante.   | 31 Soquetear o taco.                              |
| 9 Alegrear o ouvido.   | 32 Retirar o soquete.                             |
| 10 Pegar no polvarinho.  | 33 Pegar na bala.                                 |
| 11 Escorvar a peça.  | 34 Metê-la na boca da peça.                       |
| 12 Moer a pólvora, no fim do rastilho.   | 35 Chegá-la ao taco.                              |
| 13 Pegar no morrão, ou botafogo.   | 36 Pegar no taco.                                 |
| 14 Preparar para dar fogo.   | 37 Metê-lo na peça.                               |
| 15 Assoprar o morrão.  | 38 Chegar o taco à bala, e soqueteá-lo.           |
| 16 Fogo.   | 39 Pegar nos espeques.                            |
| 17 Meia volta à esquerda, que é para se livrar do recuo da peça, e se faz logo que se dá fogo. | 40 Chegar a peça à bateria.                       |
| 18 Retirar o botafogo.   | 41 Destapar o ouvido.                             |
| 19 Tapar o ouvido da peça.   | 42 Apontar a peça.                                |
| 20 Pegar na lanada em nome de Deus e da Senhora Santa Bárbara.                                 | 43 Pegar no diamante.                             |
| 21 Limpar a alma da peça.  | 44 Alegrear, ou romper o cartucho.                |
| 22 Tirar a lanada e sacudi-la a três tempos, que é limpar três vezes a alma da peça.           | 45 Escorvar.                                      |
| 23 Pegar na cocharra.  | 46 Continuar a bateria [sic].                     |

A carência de recursos financeiros em Portugal, após a Restauração, impôs limitações à Artilharia portuguesa, que passou a ser composta de uma grande variedade de peças. O estudo que John Guilmartin<sup>686</sup> fez sobre os canhões do navio de guerra português Sacramento, que naufragou em maio de 1668 na costa brasileira, mostra que aquele que era um dos melhores navios portugueses estava armado com uma grande variedade de canhões, o que normalmente deveria ser evitado nos navios de guerra. A diversidade de

---

movimentos dos arcabuzeiros e dos mosqueteiros, e dos que faziam uso da lança longa, o *pique* (McNEILL, 1992, p.136)

<sup>686</sup>GUILMARTIN, 1981, p.34.

canhões criava a necessidade de uma grande variedade de munição, o que tornaria ineficiente a artilharia do Galeão durante o combate.

A padronização evitaria os problemas gerados pela diversidade de equipamentos. Porém, na fabricação dos canhões, a padronização somente passou a ocorrer em Portugal em meados do século XVIII, com o início da reforma das forças armadas, desenvolvida pelo Marquês de Pombal. A diversidade nas unidades de medidas utilizadas na Europa também causava problemas na Artilharia. Um canhão de calibre 18 não seria idêntico em diferentes nações. Como no início do século XVIII a Artilharia portuguesa era composta de canhões provenientes de diferentes nações, a diversidade das unidades de medida não permitiria, muitas vezes, que a munição de um canhão fosse compartilhada com os demais canhões de mesmo calibre. Tal diversidade certamente pressionou as nações que mantinham relações comerciais a buscarem, pouco a pouco, um sistema único de unidades. A modernização de Portugal implicaria buscar uma padronização das peças utilizadas na artilharia. Ao encerrar o Tratado III, da Artilharia, Alpoim<sup>687</sup> adverte que seria de grande utilidade, para o real serviço, que as fundições da artilharia fossem padronizadas. Assim sendo, os artilheiros se livrariam de tanta diferença de calibres de peça, que não causavam mais que uma obscura confusão:

Seria de grande utilidade, para o real serviço, que as fundições da artilharia fossem de calibres, comprimento e grossuras certas, conforme o para que as peças hão de servir, como havendo-se de fundir artilharia de bater, toda fosse do mesmo peso de bala, do mesmo comprimento, e da mesma grossura.

Para as peças de campanha todas do mesmo calibre.

Desta sorte nunca faltarão balas, para a artilharia, não só nas naus de guerra, mas nas praças, e campanha, levando cada peça as competentes, porque se podiam servir das balas as peças, que não jogavam.

Se quebrasse um reparo, montava-se a peça em outro do mesmo calibre; se arrebenta-lhe a peça, ficava o seu reparo servindo para outra; porque por mais especulativo e prático que seja o Artilheiro, por mais zelo que tenha do real serviço, se lhe falta comodidade e a facilidade necessária nas suas

---

<sup>687</sup>ALPOIM, 1744, pp.190-191.

armas, não será possível usar delas; e nós sabemos muito bem o quanto é útil a agilidade e prontidão em qualquer função de guerra, principalmente na artilharia; porque fazem que seja o Príncipe bem servido; e se reduziria a artilharia a uma facilidade, e nos livraríamos de tanta diferença de calibres de peças, que não causam mais que uma obscura confusão.<sup>688</sup>

O Brasil colônia, apesar das riquezas que forneceu à Metrópole até o início do século XVIII, pouco investimento recebeu de Portugal. Uma evidência deste fato era o estado em que se encontravam as fortalezas do Rio de Janeiro. A artilharia dessas fortalezas era uma coleção de canhões, obtidos em diversos locais, em diferentes épocas e sem pólvora, munição e artilheiros. Uma constante carência de recursos foi descrita em diversos documentos coevos<sup>689</sup>. A maneira como eram feitas as remessas de ajuda nos leva a concluir que certamente deveriam existir nas fortalezas do Brasil canhões sem munição e munição sem canhões.<sup>690,691</sup>

## VII.8 Apêndice I: De algumas perguntas úteis

O primeiro apêndice se destina a responder sete perguntas que Alpoim considera úteis à boa formação do artilheiro. No conjunto, as perguntas questionavam sobre eventos que ocorreriam ainda com as balas no interior da peça, o que podemos denominar de Balística Interna. Um assunto pouco conhecido na época, ao qual Alpoim irá procurar dar respostas.

1. É possível que duas peças de artilharia, semelhantes e iguais, e com igual peso de pólvora e elevação, possam fazer diversos efeitos?

Quando não há nenhuma diferença nas causas, são os efeitos os mesmos. Porém, neste caso, podem as peças produzir diversos efeitos, que são alcançar mais uma peça que outra quando a bala tiver mais ou menos vento, quando uma for mais atacada que outra.<sup>692</sup>

<sup>688</sup>ALPOIM, 1744, pp. 190-191.

<sup>689</sup>MARTINS, R.V., 2006.

<sup>690</sup>MARTINS, R.V., 2009c.

<sup>691</sup>MARTINS, R.V., 2009b.

<sup>692</sup>ALPOIM, 1744, p. 193.

Como afirma Alpoim, não se poderá ter o controle sobre todas as variáveis que determinam o alcance do tiro. Basta que haja mais ou menos vento<sup>693</sup> ou que se soque mais ou menos a pólvora na câmara, que o alcance será diferente. Em suma, Alpoim já percebia que o alcance do tiro admitia uma variação para mais ou para menos, uma aleatoriedade que o deixou bem próximo da necessidade de uma teoria dos erros.

2. Se dando mais carga a uma peça fará maior, ou menor efeito?

Parece que se dando mais pólvora a uma peça faria mais efeito; porque nascendo o impulso da pólvora inflamada, quanta mais pólvora inflamada, quanta mais pólvora levar a peça, parece que mais impressão dará à bala.

Nós mostramos no **nosso Tratado** [o grifo é meu], que a mais pólvora que não queima, e por consequência a pólvora inflamada, que havia de imprimir toda a sua força na bala, a reparte e imprime também na pólvora, que senão queima: logo a bala tem menos força: logo a maior carga não faz maior efeito [sic].<sup>694</sup>

Alpoim afirma, sem nada explicar, que uma maior carga de pólvora nem sempre implicará um tiro de maior alcance, e que partes da carga não queimam, como mostrou no seu Tratado. O que Alpoim escreveu neste Tratado? Uma explicação ou apenas uma constatação? Talvez nunca possamos dar resposta a essas perguntas, considerando que esta obra poderia ser apenas um manuscrito que, como outros do gênero, desapareceram das bibliotecas portuguesas.

3. Se a artilharia recua antes, ou depois que sai a bala?

O certo é, que se **não move a peça antes de sair a bala** [o grifo é meu]; porque o mesmo agente tem para mover dois corpos desigualmente pesados, um a peça e a carreta, outro a bala: naturalmente se vê, que mais depressa a pólvora inflamada há de mover a bala, como mais leve, do que a peça com a sua carreta, como mais pesada: **logo primeiro sai a bala, do que se move a peça** [o grifo é meu].

---

<sup>693</sup>O vento ao qual Alpoim está se referindo não é o fenômeno atmosférico do ar em movimento, mas sim aquele ao qual já nos referimos anteriormente, que é causado pela diferença entre o diâmetro da bala e da alma, o que causava uma perda necessária de parte da ação dos gases produzidos pela queima da pólvora, considerando que, se não ocorresse, poderia provocar a fragmentação da peça de artilharia.

<sup>694</sup>ALPOIM, 1744, p. 194.



Porém apenas sai a bala da peça, o ar impelido pela pólvora inflamada, com sua força elástica faz uma reação na alma da peça e a faz recuar, como se vê todos os dias.<sup>695</sup>

A resposta de Alpoim demonstra que não era um bom conhecedor da mecânica newtoniana: ação e reação são concomitantes, e quem sofre a reação é o agente da ação.

4. Por que razão mais comumente arrebetam as peças na câmara, e na boca, do que em qualquer outra parte, não tendo broca?

A razão é: porque achando a pólvora inflamada muita resistência, não só no taco, mais ainda na bala, e não podendo vencer esta resistência, arrebeta logo no princípio do grande movimento da pólvora inflamada; porém se a peça for reforçada, não será fácil o arrebetar. No bocal, ou junto a ele, arrebeta também pelo xofre da bala contra o ar.<sup>696</sup>

O taco e a bala que resistem e impedem a expansão dos gases produzidos na queima da pólvora causam “algo” no interior da alma, que Alpoim não consegue denominar como “pressão”, mas a que atribui a capacidade de quebrar uma peça que não possuísse reforço. No bocal, onde a peça é mais frágil porque não possui reforço, o ar empurrado pela pólvora inflamada (gases) reage contra o bocal e poderá quebrá-lo. Novamente, como ocorreu na resposta da questão anterior, Alpoim demonstra ignorar a mecânica newtoniana e localiza a reação do ar na peça e não no agente da ação, a “pólvora inflamada”.

5. Se é ou não útil atacar a pólvora na peça?

Esta resposta é bem importante: o Artilheiro deve recolher a pólvora toda junta na câmara da peça, e apertá-la, mas não com excesso; porque estando bem unida, ocupa menos lugar, e sai com maior violência, e faz melhor efeito a bala despedida, o que não sucede estando a pólvora mal unida.

Deve unir-se a pólvora de sorte [sic] que não faça tanta dureza, que o fogo não a possa penetrar, e saia talvez sem se acender toda. Os foguetes mostram esta verdade; porque quando a pólvora está bem unida, e apertada, vão ardendo pouco a pouco, mas se a pólvora está desunida, se acende em um instante, e arrebetam.<sup>697</sup>

---

<sup>695</sup>ALPOIM, 1744, p. 194.

<sup>696</sup>ALPOIM, 1744, p. 195.

<sup>697</sup>ALPOIM, 1744, p. 195.

A pólvora compactada queima mais lentamente, o que Alpoim não ignorava. Nas peças de artilharia mais longas, a pólvora deve queimar mais devagar para que a bala seja acelerada por toda a extensão da alma.

6. Por que se metem os tacos antes e depois da peça?

Por duas razões se metem antes e depois da bala. A primeira, para que se possa apertar e unir a pólvora e detê-la junta; porque de outra maneira, o soqueteala [sic] somente não é capaz de recolhê-la, como deve, na câmara da peça.

A segunda razão é para que detenha a inflamação da pólvora unida, e mova a bala com maior força; porque senão tivesse o taco a inflamação da pólvora sairia primeiro que a bala, e por consequência faria menor efeito.

O taco depois da bala é para detê-la, que não caia facilmente, e que possa receber toda a força da pólvora inflamada; porém não é necessário apertar tanto este taco, como o da pólvora, basta apertá-lo de tal forma que detenha a bala; e se a peça estiver apontada por baixo do horizonte, ou no mar, correrá a bala pela alma da peça antes de lhe dar fogo.<sup>698</sup>

Como podemos notar na resposta, o taco que fica sobre a pólvora na câmara age como um êmbolo que, acompanhando os gases em expansão, carrega consigo a bala. O segundo taco, o que fica sobre a bala, era feito de madeira e entrava justo na peça para poder conter a bala na sua posição mesmo quando a peça estava apontando para um ponto abaixo do horizonte.

7. Se sai a pólvora da alma da peça sem se queimar?

Pode suceder, por muitas causas; a primeira, quando se carregou a peça e se deixou ficar alguma pólvora pela sua alma; a segunda (que sucede muitas vezes) quando a peça tem mais carga do que aquela que lhe toca; a terceira, quando a pólvora é úmida e ruim, e de má composição; e finalmente, quando se tem atacado muito [o que a fará queimar muito lentamente]. Porém, se a peça for carregada com sua devida carga, e a pólvora for boa, nunca deixará de queimar toda.<sup>699</sup>

Nesta resposta, fica determinado com muita clareza que a arma, a munição e o artilheiro formam um todo, e somente assim será possível obter o *tiro eficiente*.

8. Por que razão as peças mais compridas arrojam as balas mais longe que as mais curtas?

<sup>698</sup>ALPOIM, 1744, pp. 195-196.

<sup>699</sup>ALPOIM, 1744, p. 196.

Esta pergunta tem duas partes: a primeira, quando as peças são do mesmo calibre, porém uma mais comprida do que outra, a mais comprida arrojará bala mais longe porque a força elástica da pólvora inflamada tem tempo de comunicar à bala, o que não sucede nas peças curtas, porque mais depressa se move a bala, e por consequência **não tem tempo de receber todo o impulso** [o grifo é meu] da pólvora.

Não se segue daqui que quanto mais compridas forem as peças, tanto mais arrojam a bala longe; porque por mais carga que tenha e por mais comprida que seja a peça, a bala não receberá mais movimento do que aquele que é capaz de receber, e daqui vem que há certos termos no comprimento das peças, e sua curteza [sic], que excedendo, ou faltando, são os tiros mais curtos.

**A experiência mostra** [o grifo é meu] que as demasiadamente compridas alcançam menos que as curtas; como uma peça de dezoito palmos de comprimento alcançou mais que outra de trinta e um palmos e meio. Esta experiência se fez na colubrina de Naney [sic].

A segunda parte desta pergunta é quando são diferentes os calibres: neste caso, sempre a peça de maior calibre, sendo proporcionada, é mais comprida que a de menor calibre, e por consequência a mais comprida alcançará mais porque o maior corpo é capaz de receber maior impulso e mais velocidade.<sup>700</sup>

Como podemos notar, para Alpoim haveria um intervalo de tempo mínimo e necessário para que a pólvora desse à bala todo o impulso que seria capaz. No entanto, o que de fato existe é um deslocamento mínimo e não um tempo mínimo. A pólvora negra, segundo nos informa John Guilmartin<sup>701</sup>, que era o propelente utilizado nos canhões do século XVIII, tem uma maneira própria de queimar, dando a uma bala de ferro fundido 80% da sua velocidade final após a bala ter tido um deslocamento total no interior da alma igual a 12 vezes o diâmetro interno da peça<sup>702</sup>. Após um deslocamento de 18 calibres (18 vezes o diâmetro da alma), a velocidade da bala já é a máxima que a carga de pólvora poderá impor. Logo, qualquer comprimento adicional de tubo-alma,

<sup>700</sup>ALPOIM, 1744, pp. 196-197.

<sup>701</sup>GUILMARTIN, 1981, p.5.

<sup>702</sup>Um aprofundamento do estudo de balística interna está fora do escopo desta tese. Porém, para o leitor que deseja obter um estudo mais detalhado sobre o tema, GUILMARTIN (1981,p.37) sugere o estudo do que ainda considera fundamental para o entendimento do tema: BLACKWOOD, J. D., e BOWDEN, F. P. *The Initiation, Burning and Thermal Decomposition of Gunpowder, Proceedings of the Royal Society*. Series A, *Mathematical and Physical Sciences*, nº 114, v. CCXII (8 de julho de 1952).

além de 18 calibres, não acarretará uma maior velocidade da bala na boca da arma e, conseqüentemente, nenhum aumento no alcance do tiro<sup>703</sup>.

9. Por que se atirando com uma peça no mar a um navio, não faz tanta bateria [sic], como se tal peça atirasse a uma muralha; e se estando a peça muito próxima do alvo, fará maior efeito, e se o vento poderá desviar a bala da sua direção?

Atirando-se a um navio no mar, como a bala leva consigo o navio, não faz tanto dano; porém se o navio navegando se opuser ao movimento da bala, receberá maior dano do que se o tal navio navegasse com a mesma direção que a bala.<sup>704</sup>

O movimento é relativo, logo se imaginamos um navio que se move com uma velocidade maior ou igual à da bala, ambas medidas em relação ao mar, este nunca seria alcançado pela bala. Quando ambos, bala e navio, movem-se no mesmo sentido, a velocidade com que a bala se aproxima do navio é a diferença dos valores das velocidades. No caso de os sentidos serem opostos, a velocidade com que a bala colide com o navio é a soma das velocidades, o que causa maior dano ao alvo.

A segunda parte desta pergunta é clara, porque como a bala recebe o movimento da pólvora inflamada, e **não perde** [o grifo é meu], sem o comunicar, e como no princípio do seu movimento ainda não o tem comunicado: logo a peça mais perto do alvo despede a bala com mais violência e, por conseqüência, será maior dano.

O vento não pode fazer torcer a direção da bala quando ela for grande, e a direção curta; porém se a distância for grande, neste caso pode o vento fazer desviar a bala da sua direção, porque como a bala vai perdendo seu movimento, basta qualquer encontro de lado para lhe mudar a direção, e por isto os Artilheiros destros, neste caso apontam sobre o vento; se a bala for pequena, será maior o desvio da direção.<sup>705</sup>

A conservação do momento linear foi utilizada nas respostas de uma forma pouco explícita. Considerando que como pré-requisito os alunos apenas precisavam saber ler, escrever e contar, Alpoim poderia estar optando por explicações qualitativas e superficiais apenas para se fazer melhor entender. No entanto, as respostas às perguntas dadas tornam explícito o nível de

<sup>703</sup>O historiador naval GUILMARTIN (1981, p.5) informa que diversos historiadores supõem erradamente que quanto mais longo o canhão, maior será o alcance dos seus tiros. Esta conclusão somente é verdadeira na moderna artilharia raiada, a qual somente surgiu em meados do século XIX.

<sup>704</sup>ALPOIM, 1744, p. 198.

<sup>705</sup>ALPOIM, 1744, p. 195.

formação que se desejava dar aos artilheiros portugueses. Talvez adequado ao soldado artilheiro, mas ainda muito distante do que se esperaria de um oficial que se pretendia nivelar aos demais oficiais dos exércitos do norte da Europa. Não podemos esquecer que Alpoim é contemporâneo de Benjamin Robins, autor dos *Novos Princípios de Artilharia*, uma obra que, ao ser analisada em outro capítulo, nos fez perceber o nível da formação que se pretendia dar a um oficial da Artilharia na Inglaterra em meados do século XVIII.

10. Se uma bala, sem ser em brasa, pode acender fogo na pólvora?

Como a bala não vai em brasa nem faz fricção na pólvora, por ser corpo desunido e mole, não pode a bala acender o fogo. A experiência mostrou isto em Ostende [sic], em que uma bala de artilharia passou sete barris de pólvora, sem lhe acender fogo, em distância de 2500 braças. Outra deu em outro barril, em distância de 100 braças, e não acendeu fogo. Porém, se a bala topar em algum prego, pedra ou outra coisa que por fricção possa acender fogo, claro está que o acenderá.<sup>706</sup>

## VII.9 Apêndice II: Das balas

Nos armazéns as balas eram empilhadas formando pirâmides com bases triangulares, quadradas ou retangulares. Desta forma, poderiam ser mais facilmente contadas. Nas pirâmides, as faces laterais eram sempre superfícies com faces triangulares. As que tinham base quadrada ou triangular no ápice tinham uma única bala, enquanto nas de base retangular havia várias balas.

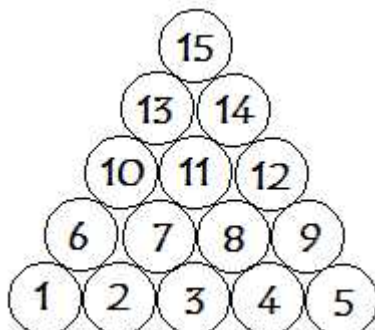
A contagem das balas se faz utilizando-se regras. A primeira regra serve para determinar quantas balas compõem cada uma das faces triangulares das pirâmides:

Às balas da base, ou do lado da pilha, acrescentaremos mais uma como regra geral; esta soma se multiplica pela metade do número das balas da base, ou do lado, e o produto será o número de balas que se acham na face triangular.<sup>707,708</sup>

<sup>706</sup>ALPOIM, 1744, pp.198-199.

<sup>707</sup>ALPOIM, 1744, p. 202.

Como exemplo, Alpoim usa a regra apresentada para o cálculo do número de balas que compõem uma face triangular com 5 balas na base (Figura VII-124):



**Figura VII-124:** Face triangular de uma pilha de balas que possui 5 balas na base.

Vamos utilizar a letra **a** para representar o número de balas na aresta da base triangular, ao qual devemos somar 1 e multiplicar a soma pela metade do número de balas da base,  $\frac{a}{2}$ . O resultado é igual ao número de balas da face,  $n$ :

$$n = (a + 1) \frac{a}{2} \quad (I)$$

$$n = (a + 1) \frac{a}{2} = (5 + 1) \frac{5}{2} = 15$$

#### **Regra geral: Pirâmide de base triangular:**

Juntaremos sempre à base, ou à altura da pilha 2, por uma regra geral, da qual soma tomaremos a terça parte, que multiplicada pelo número de balas, que se acham na face triangular, o produto, será o número de balas<sup>709</sup>.

Para exemplificar a aplicação da regra, Alpoim considerou uma pirâmide de base triangular que possui 19 balas de lado, que diz ser do alto. Neste caso, o número de balas em cada face será:

$$n = (19 + 1) \frac{19}{2} = 190 \text{ balas}$$

<sup>708</sup>Alpoim não faz uso da notação algébrica. No entanto, para que ao leitor seja mais fácil entender o texto, expressaremos as regras através de equações algébricas.

<sup>709</sup>ALPOIM, 1744, p. 203.

Dando à regra sua forma algébrica, o número total de balas da pirâmide,  $N$ , será calculado através da equação:

$$N = \frac{(a + 2)}{3}n \quad (II)$$

Na pilha piramidal de base triangular com 19 balas na base ( $a=19$ ), segue:

$$N = \frac{(19 + 2)}{3} \cdot 190 = 1330 \text{ balas}$$

O mesmo cálculo se poderia fazer de outro modo<sup>710</sup>:

Se o número das balas na face triangular se multiplicar pelo terço das balas do lado triangular, e ao produto se lhe juntar os dois terços das balas da face triangular, a soma será o número das balas da pilha triangular.

$$N = a \frac{n}{3} + \frac{2}{3}n \quad (III)$$

As duas regras “diferentes” que Alpoim apresenta no texto<sup>711</sup>, se enunciadas através de equações algébricas, equações II e III, permitem-nos concluir que, na verdade, se trata de uma única regra enunciada de duas maneiras diferentes:

$$N = a \frac{n}{3} + \frac{2}{3}n = \frac{(a + 2)n}{3}$$

#### Regra geral: Pirâmide de base quadrada:

Se ao quadrado do lado da base se multiplicar pelo terço da mesma base, e a este produto juntarmos a metade do dito quadrado, e mais um sexto do lado da dita base, a soma será o número de balas que a pirâmide contém<sup>712</sup>.

$$N = a^2 \frac{a}{3} + \frac{a^2}{2} + \frac{a}{6} \quad (IV)$$

Como exemplo, Alpoim considera que as faces triangulares que compõem a pirâmide de base quadrada têm 19 balas na aresta ( $a=19$ ):

$$N = a^2 \frac{a}{3} + \frac{a^2}{2} + \frac{a}{6} = \frac{2a^3 + 3a^2 + a}{6}$$

<sup>710</sup>ALPOIM, 1744, p. 204.

<sup>711</sup>ALPOIM, 1744, pp. 201-205.

<sup>712</sup>ALPOIM, 1744, pp. 205-206.

$$N = \frac{2 \cdot 19^3 + 3 \cdot 19^2 + 19}{6} = 2470 \text{ balas}$$

Para este cálculo, segundo Alpoim<sup>713</sup>, haveria outro modo de fazê-lo:

Achado o número de balas na face triangular, este se multiplique pelos dois terços do mesmo lado; a este produto se junte mais um terço das balas na face triangular, e a soma nos dará as balas da pirâmide pedida.

$$N = n \frac{2}{3} a + \frac{1}{3} n$$

$$N = n \frac{2}{3} a + \frac{1}{3} n = \frac{n}{3} (2a + 1) \quad (V)$$

$$N = \frac{190}{3} (2 \cdot 19 + 1) = 2470 \text{ balas}$$

Porém, se substituirmos a equação I na equação V teremos:

$$N = \frac{\left(\frac{a^2 + 1}{2}\right)}{3} (2a + 1) = \left(\frac{a^2}{3} + \frac{a}{6}\right) (2a + 1)$$

$$N = \frac{2a^3}{6} + \frac{2a^2}{6} + \frac{a^2}{6} + \frac{a}{6} = \frac{2a^3 + 3a^2 + a}{6} = a^2 \frac{a}{3} + \frac{a^2}{2} + \frac{a}{6}$$

Portanto, como o resultado final da equação VI é igual à equação IV, mais uma vez percebemos que o que Alpoim apresenta como “outro modo” de calcular o número de balas, equação V, corresponde apenas a uma outra forma de enunciar a equação IV.

#### Regra geral: Pirâmide de base retangular:

Para achar as balas que estão nas pilhas retangulares, não é necessário mais que juntar às que se acham na pilha quadrangular, as que têm as faces triangulares, e a soma será a resolução da questão<sup>714</sup>.

Uma pirâmide de base quadrada contém quatro faces triangulares e tem no ápice apenas uma esfera. No entanto, se em uma das faces da pirâmide de base quadrada acrescentarmos mais uma camada triangular de esferas, a base que era um quadrado se torna um retângulo. Neste caso, o número de balas que compõem a pirâmide de base retangular será igual ao número de

<sup>713</sup>ALPOIM, 1744, p. 206.

<sup>714</sup>ALPOIM, 1744, p. 209.



balas que compõem uma pirâmide de base quadrada acrescido do número de balas que compõem a nova camada.

Para exemplificar, Alpoim propõe o cálculo de uma pirâmide de base retangular que no ápice tem 19 balas e em cada aresta da face triangular 18 balas ( $a=18$ ). A solução se inicia calculando o número de balas que compõem uma pirâmide de base quadrada com 18 balas em cada aresta, o que faremos utilizando a equação IV:

$$N = a^2 \frac{a}{3} + \frac{a^2}{2} + \frac{a}{6}$$

$$N = 18^2 \frac{18}{3} + \frac{18^2}{2} + \frac{18}{6} = 1944 + 162 + 3 = 2109 \text{ balas}$$

Como Alpoim não faz uso de equações algébricas, esta parte da solução é assim apresentada:

Quadraremos 18, e faz 324, que multiplicadas por 6, terço de 18, faz 1944, a que juntaremos 162, metade do quadrado de 324, e mais 3, sexto de 18, e a soma 2109 balas são as que contêm a pilha quadrangular, [...]

Para finalizar o cálculo, como a pirâmide de base retangular tem no ápice 19 balas, ainda será necessário acrescentar à pirâmide de base quadrada 18 camadas triangulares com 18 balas em cada aresta. O número de balas em cada camada é calculado utilizando a equação I:

$$n = (18 + 1) \frac{18}{2} = 171 \text{ balas}$$

Como existem 18 camadas de 171 balas acrescentadas à pirâmide de base quadrada, o número total de balas da pirâmide será:

$$N = 2109 + 18 \cdot 171 = 5187 \text{ balas}$$

Alpoim, no texto, assim finaliza a solução:

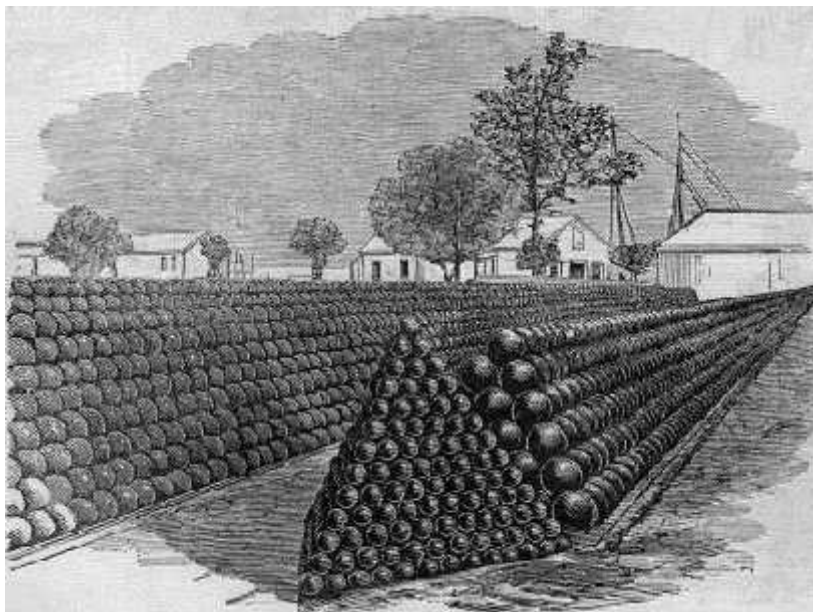
[...] à qual juntaremos dezoito faces triangulares, que têm em cada uma 181 balas<sup>715,716</sup>, e fazem as 18 faces 3078 (porque cada face triangular tem 18 de lado) estas balas, 3078 das faces triangulares, juntas a 2109 da pilha quadrangular, fazem a soma de 5187 balas, e tantas dizemos que tem a pilha retangular.

<sup>715</sup> ALPOIM, 1744, p.209.

<sup>716</sup> O valor 181 é colocado no lugar do valor correto 171, um erro apenas na grafia porque, na sequência, os cálculos estão corretos e utilizam o valor 171.

Um artilheiro deveria ser capaz de determinar quantas balas compõem um empilhamento, o qual poderia estar ao lado da peça de artilharia ou no pátio do armazém, como mostra a Figura VII-125. No entanto, como Alpoim bem sabia, nem todos os artilheiros teriam capacidade de fazer tais cálculos. Por ~~essa~~ razão, ele fornece uma tabela com o resultado de empilhamentos ~~com até~~ 20 balas na aresta das faces triangulares que compõem as pirâmides ( $1 \leq i \leq 20$ ), o que corresponderia ao empilhamento máximo de 1.540 balas ( $a = 20$ ) em pirâmides de base triangular, ou 2.870 balas em pirâmides de base quadrada. No entanto, em pilhas retangulares, a tabela considera pilhas com no máximo 20 balas na aresta e até 24 balas no ápice, o que corresponde ao empilhamento máximo de 7.700 balas. Para valores superiores aos limites máximos da tabela, que não deveria ser usual, a solução se faria pelo cálculo ensinado anteriormente.

A capacidade de saber contar o número de balas empilhadas era muito importante para os artilheiros, os bombeiros e oficiais da Artilharia, bem como para aqueles que fossem enviados em uma missão de espionagem. As peças de artilharia de nada valem sem a munição adequada. Um espião no pátio de uma fortificação repleto de balas de diversos calibres, como o mostrado na Figura VII-125, logo perceberia que existe apenas uma pilha de balas de menor calibre, que aparecem no primeiro plano da figura e estão empilhadas formando uma pirâmide de base triangular com 13 balas em cada vértice, de onde se conclui que ali existem 455 balas. As balas de maior calibre estão empilhadas formando duas grandes pirâmides de base retangular, uma com 6 e outra com 10 balas na aresta. Portanto, se ao espião fosse possível contar o número de balas que estão alinhadas no ápice das imensas pirâmides, a quantidade de balas do maior calibre poderia ser determinada.



**Figura VII-125:** Em 1861, no interior da Fortaleza Monroe, localizada na Virgínia, Estados Unidos, inaugurada em 1834, existia um grande estoque de balas. No primeiro plano da imagem, observamos uma pilha de balas com a forma de uma pirâmide de base triangular com treze balas na aresta, logo correspondendo ao empilhamento de 455 balas (Fonte: Harpers Weekly, June 29, 1861 - page 401 <http://www.sonofthesouth.net/leefoundation/civil-war/1861/june/slave-whipping-post.htm>, imagem de domínio público, fotografada por Stacy, acesso em 11/12/2012).

Em Almeida, sob o comando do general Brás Baltasar, Alpoim demonstrou muita astúcia em duas missões que realizou como espião em território da Espanha. Na primeira missão, disfarçando-se como um mendigo, colheu informações que lhe permitiram traçar uma planta completa do forte Fiel [sic]. Na segunda missão, com o disfarce de camponês, conseguiu averiguar com notável precisão o numeroso trem de artilharia que o inimigo movia em direção à fronteira de Portugal. Na fronteira, Alpoim não serviu ao rei apenas como espião, também ali foi um eficaz engenheiro militar que prontamente reconstruiu igrejas, casas e armazéns que tinham sido destruídos por incêndios, assim como mostrou que era bom mestre, ensinando aos artilheiros o melhor uso das peças de artilharia. Em 1738, em Lisboa, Alpoim foi muito elogiado e nomeado por D. João V, sargento-mor do novo batalhão de artilharia que se acabava de criar no Rio de Janeiro, para onde seguiu imediatamente.<sup>717</sup>

---

<sup>717</sup>PARDAL, 1987, p.20.

## VII.10 Apêndice III: Das baterias

A construção de uma bateria poderá ser atribuíção de um oficial da Artilharia. Como deve proceder para fazer tal construção é o tema do apêndice, no qual o autor se dirige principalmente ao oficial e não ao soldado artilheiro. A forma final, que geralmente deveria ter uma bateria, é mostrada na Figura VII-126, onde podemos notar que as peças de artilharia estão colocadas em *canhoneiras*, que permitem que o artilheiro visualize o alvo.



**Figura VII-126:** Imagem de uma bateria. (Fonte: REMY, Surirey de Saint. *Memoires D'Artillerie*. Paris, 1697, p.204 / cópia digital Gallica, BNF).

## VII.11 Apêndice IV: Dos fogos artificiais

O artilheiro deveria saber compor toda a sorte de fogos artificiais para ver e incomodar os inimigos. Os fogos de artifício auxiliavam como iluminação noturna, mas também eram armas destinadas a produzir o terror, que o autor ameniza dizendo que eram armas para incomodar o inimigo.

A maneira de compor os fogos de artifício, como informou Alpoim<sup>718</sup>, não foi analisada neste apêndice, mas pretendia fazê-lo em outro tratado<sup>719</sup>. No apêndice apenas descreveu os fogos artificiais e explicou os diferentes usos que são dados às panelas de fogo, às balas de fogo, às fochinas breadas, aos

<sup>718</sup>ALPOIM, 1744, p.231.

<sup>719</sup>No *Exame de Bombeiros*, Tratado X, de que trataremos no próximo capítulo, Alpoim fará um amplo estudo da *Pirobalia Militar ou Fogos Artificiais da Guerra*.

barris de fogo, aos novelos, aos archotes, aos estopins e aos estopins inextinguíveis.

## VII.12 Conclusão

Ao final da leitura de todo o texto, fica claro que o autor escreveu *Exame de Artilheiros* para ser um texto útil para formar artilheiros, homens práticos, a partir de aprendizes que apenas soubessem ler, escrever e contar. Os artilheiros bem formados seriam fundamentais, porque a peça de artilharia não tem valor absoluto, isto é, ela não vale por si mesma, como objeto. O produto final da arma de fogo tem a sua qualificação determinada por fatores sociais, econômicos e políticos, que convergem para o ato final, o tiro, dando-lhe a possibilidade de ocorrer e com qualidade. No século XVIII, a qualificação de um sistema de defesa não dependia apenas da quantidade e variedade de peças de artilharia, mas também do número de artilheiros que estariam a serviço das armas. Tal fato não era desconhecido por Alpoim nem pelo seu mestre e engenheiro-mor, Manoel de Azevedo Fortes, ou pelo capitão general e governador do Rio de Janeiro e Minas Gerais, Gomes Freire de Andrade. A Artilharia era uma arte que se fazia com ciência, com várias regras e preceitos, que exigiam que os artilheiros tivessem uma formação específica para que soubessem fazer bom uso das armas de fogo. O *Exame de Artilheiros* foi escrito por Alpoim atendendo à solicitação de Gomes Freire, que pretendia que no Terço de Artilharia do Rio de Janeiro fossem formados os artilheiros tão necessários naquela época, os quais a Metrópole não podia fornecer porque também deles tinha carência. Como soldados que trabalhariam sob condições adversas, os artilheiros deveriam ser capazes de identificar os problemas e lhes dar remédio. No texto, o seu autor evitou fazer referências aos tratados de autores estrangeiros não traduzidos para o português que os alunos não saberiam ler. O único texto complementar ao estudo que era recomendado aos mais curiosos foi o *Tratado de Artilharia*, do qual era autor e que provavelmente era um manuscrito que circulava entre os alunos da Aula. O projétil lançado pelas peças de artilharia apenas foi analisado no ponto de partida da trajetória, na boca da peça, e no final, no ponto de impacto com o alvo. O estudo da

trajetória foi ignorado, evitando assim a necessidade de se referir ao trabalho de algum autor estrangeiro proibido pela Inquisição, como era Galileu. Mas para compor um exército moderno, não bastava haver bons artilheiros, os bombeiros também seriam necessários. Em 1748, após quatro anos da publicação de *Exame de Artilheiros*, foi publicado *Exame de Bombeiros*, um segundo texto de Alpoim que será examinado no próximo capítulo.



## CAPÍTULO VIII

# EXAME DE BOMBEIROS

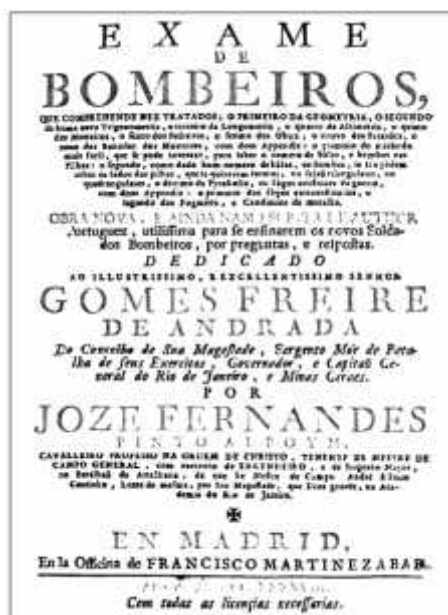


Figura VIII-127: Frontispício da obra: Alpoim, José Fernandes. *Exame de Bombeiros*. Cópia digital da obra, Biblioteca da Ajuda, Ministério da Cultura, Instituto Português do Patrimônio Arquitetônico, Palácio Nacional da Ajuda, Lisboa.

### VIII.1 Introdução

A bomba lançada pelos morteiros, diferente da bala do canhão, não tinha por objetivo quebrar muralhas com seu impacto. Geralmente, os lançamentos eram feitos em locais onde não se via o alvo, com longas trajetórias curvas que deveriam conduzir o projétil até o alvo com precisão. Em algumas situações, as bombas deveriam explodir ainda no ar para espalhar uma grande quantidade de fragmentos sobre o alvo. O Bombeiro, aquele que lançava bombas, para dominar sua arte, não poderia ignorar a trajetória dos projéteis no ar. André Ribeiro Coutinho, Mestre de Campo do Terço de Artilharia da Praça do Rio de Janeiro, em carta que ofereceu a Alpoim, e que consta na introdução do *Exame de Bombeiros*, fala da importância que se



deveria dar à consulta de outros autores estrangeiros, sem o que Portugal não conseguiria obter a modernidade da época:

Exame de Bombeiros é, que por este Livro devem fazer exame, para se poderem chamar Mestres na Arte de deitar bombas; e perguntando-me a mim mesmo, quem são, ou quem conheço, e reconheço por Bombeiros? Não posso dizer com verdade, que são outros, se não Surirey de Saint Remy, Belidor, Maltho, Medrano, Blondel, Blond, e outros semelhantes, que são conhecidos pelas suas obras; e por elas se constituirão professores desta Arte; [...]

Por esta ordem [do mais antigo para o mais novo] toca a Francisco MalthoInglez, Comissário Geral da Artilharia de França, pôr ao Espelho [à reflexão] a sua Prática da Guerra, que imprimiu em Paris em 1650; [...] e que ele foi o que deu a primeira tintura desta matéria ao nosso conhecimento [...], não teve este Autor o uso da linha Parabólica, que a Bomba descreve; [... mas] achará Maltho a descrição e demonstração da dita linha, para emendar o seu defeito; e haver de lograr, sem desmaio, os justos louvores, que se lhe devem, de **ser o primeiro**<sup>720</sup>[o grifo é meu], que abriu estrada, pelo áspero, e inculto mato da ignorância.

Em segundo lugar entra Surirey de Saint Remy, Tenente do Grão Mestre da Artilharia de França, a examinar ao Espelho as suas Memórias da Artilharia, que deu à luz, em Paris, no ano de 1707, a onde se vê que a dita Obra é muito trabalhada, loclupeta, útil e noticiosa em quase tudo, o que é preciso da Artilharia [...] que lhe é desculpável a falta de método [...].

Na carta, André Ribeiro Coutinho torna claro que é um homem culto, com saberes atualizados e faz questão de fazer referência ao trabalho de diversos autores como Belidor, Daudet e Guinard. No Exame de Bombeiros, Alpoim também fez referências aos mais importantes autores da sua época, o que mostra que sua obra considerava o que de mais moderno se tinha escrito sobre a arte de deitar bombas. Ao considerarmos a atualidade do texto na época em que foi escrito no Brasil, a sua análise poderá nos propiciar uma singular oportunidade para ver até que ponto este trabalho de Alpoim foi ousado buscando o novo, indo além do simples saber necessário para pôr um rei de pé.

O *Exame de Bombeiros* está organizado em dez tratados: da Geometria dos Bombeiros; da Trigonometria Prática; da Longimetria; da Altimetria; dos

---

<sup>720</sup>André Ribeiro Coutinho demonstra em suas palavras conhecer as obras de diversos autores estrangeiros e omite qualquer referência a Galileu, atribuindo não a este, mas sim a “Francisco Maltho” [Francis Malthus] os primeiros estudos sobre a trajetória de um projétil.

Morteiros; dos Morteiros Pedreiros; Obus; Petardos; Bateria de Morteiros; Fogos Artificiais. Nesta obra, diferente do que fez ao escrever *Exame de Artilheiros*, o autor se apresenta criativo e inventivo e faz diversas referências às suas invenções, como uma nova Esquadra e novos métodos para saber o número de balas ou bombas nas pilhas. No entanto, em ambos os textos, o autor manteve as obras com o formato de manual prático, evitando as demonstrações.

A obra, considerando o que consta no frontispício, foi impressa em Madri, na Oficina de Francisco Martinezabar. As licenças para a impressão são apresentadas, mas nem todas as necessárias. Uma obra, após a impressão, deveria retornar aos censores para que verificassem se ainda permanecia semelhante ao original. No entanto, estranhamente, o texto não contém o parecer dos censores após a impressão, o que levanta a suspeita de que provavelmente não retornou aos censores. *O Exame dos Bombeiros* teria fugido ao controle dos censores? Como hipótese, podemos considerar que a obra tenha sido impressa clandestinamente no Rio de Janeiro e que a citação à Oficina de Martinezabar, em Madri, tenha sido usada como despiste por causa da interdição às tipografias na América Portuguesa. Se tal fato ocorreu, certamente contou com o beneplácito (secreto) do Governador Gomes Freire de Andrade, o comandante luso nas refregas entre portugueses e espanhóis em torno da posse da Colônia do Sacramento. A extensão territorial sob o comando e governo de Gomes Freire dava à obra de Alpoim uma importância fundamental em uma época em que existiam poucos artilheiros e bombeiros na metrópole e nas colônias do reino, e que eram de grande necessidade. O Exame de Bombeiros, assim como ocorreu com O Exame de Artilheiros, foi organizado através de perguntas e respostas, um diálogo entre quem ensina e aquele que aprende, uma estratégia didática eficiente para a autoinstrução. Como informa o autor, ainda na introdução, quando se dirige “Ao Leitor Malévolo”,

[...] a falta de Livros destas matérias no nosso idioma português, a distância das Praças desta Capitania em que estão destacados muitos Soldados, que **não podem frequentar as Aulas** [o grifo é meu], foi o que moveu a dá-la ao prelo [...]

O maior de todos os inimigos de Alpoim certamente era a ignorância e a má formação dos bombeiros que já estavam a serviço do rei. Em grande parte, os bombeiros no reino tinham uma falsa ideia de que só a prática bastava para lançar bombas. Eles agiam por tentativas e erros, não acreditando que se podiam dar leis aos efeitos da pólvora. Entretanto, a experiência mostrava o contrário.

## VIII.2 Tratado I: Da geometria dos bombeiros

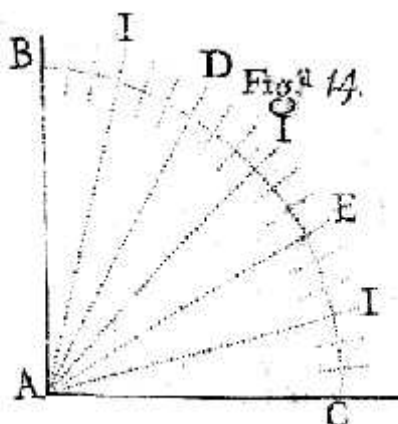
No *Exame de Bombeiros*, o ensino da geometria começa pelo mais elementar: os conceitos de ponto e reta que o autor vai buscar na obra de Manoel de Azevedo Fortes, *O Engenheiro Português*. No entanto, pouco a pouco, o nível vai se elevando, ultrapassando, em muito, o conteúdo de *Exame de Artilheiros*. Ao que parece, Alpoim pretendia ir além do objetivo de formar apenas soldados Bombeiros. No entanto, ao definir ângulo, ensina como realizar as operações de soma e subtração no sistema sexagesimal, não esquecendo ser elementar o nível do conhecimento do seu aluno.

Como as bombas eram esféricas, o cálculo do perímetro da circunferência e o volume da esfera eram feitos considerando  $\frac{22}{7}$  o valor de  $\pi$ . A Esquadra era um importante instrumento de medida, porque servia para determinar a elevação que se dava ao morteiro. O Bombeiro, diante das possíveis condições adversas em que se encontraria a serviço do rei, deveria saber construir sua própria Esquadra no caso em que esta lhe faltasse, o que implicava que deveria saber graduar uma escala<sup>721</sup>.

Suponhamos a quarta parte da circunferência de um círculo BAC, terminada pelos seus raios AB, AC; logo tomaremos CA, entre as pontas do compasso; e a poremos em C, até D; e de B, até E, e teremos as três divisões BD, DE, EC, cada uma de 30 graus; e dividindo cada uma destas partes pelo meio, teremos em I, teremos BI, ID, DI, &c. cada uma de 15 graus, e dividindo BI em três partes iguais, será cada uma de cinco graus, e cada parte destas três, dividida em cinco partes iguais,

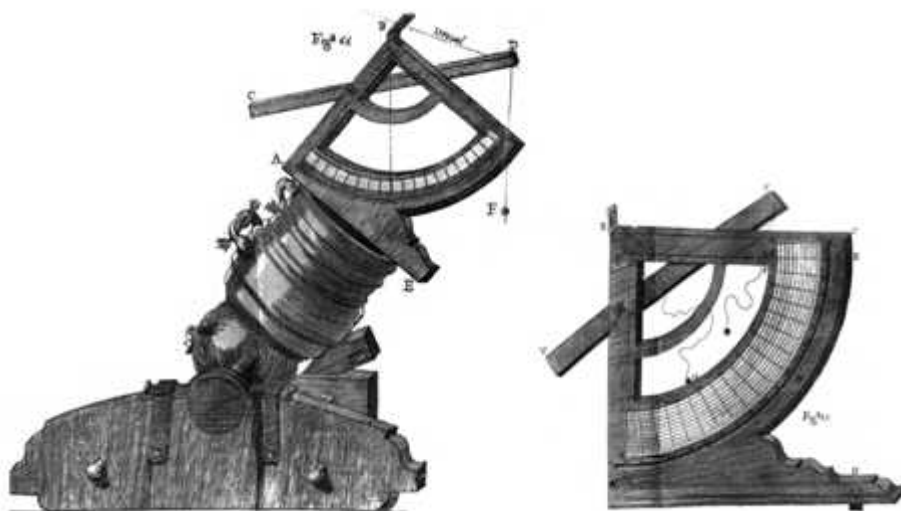
<sup>721</sup>ALPOIM, 1748, p.10.

teremos a esquadra dividida em 90 graus, e por este modo se gradua a dos Bombeiros<sup>722</sup> (Figura VIII-128).



**Figura VIII-128:** A figura mostra a divisão de um ângulo de 90 graus em subdivisões de 5 graus (Fonte: ALPOIM, José Fernandes Pinto (1700-1765). *Exame de Bombeiros*, 1748. Cópia digital da obra, Biblioteca da Ajuda, Ministério da Cultura, Instituto Português do Patrimônio Arquitetônico, Palácio Nacional da Ajuda, Lisboa, figura 14).

A esquadra dos Bombeiros era uma quarta parte da circunferência de um círculo, um quadrante, feita de madeira, e era maior que a esquadra que usavam os Artilheiros, o que lhe dava maior precisão na medida do ângulo de inclinação do eixo da alma. O seu uso será explicado em outro tratado (Figura II-129).



**Figura VIII-129:** Esquadra dos Bombeiros. A esquadra era colocada sobre o bocal do Morteiro apoiado na moldura AD. (Fonte: ALPOIM, José Fernandes Pinto (1700-1765). *Exame de Bombeiros*, 1748. Cópia digital da obra, Biblioteca da Ajuda, Ministério da Cultura, Instituto Português do Patrimônio Arquitetônico, Palácio Nacional da Ajuda, Lisboa, fig. 15 e fig. 61).

<sup>722</sup>Como fez no *Exame de Artilheiros*, Alpoim prepara o Bombeiro para saber construir suas ferramentas de trabalho, logo estará apto a atuar, mesmo em condições precárias.

O triângulo se aprende a desenhar com régua, compasso e *Petipé*. Como já tinha feito no *Exame de Artilheiros*, e seu mestre em *O Engenheiro Português*, também no *Exame de Bombeiros* se ensinou a construir um *Petipé*, o que seria importante no cálculo do alcance das bombas com boa precisão, evitando o uso de longos cálculos através de métodos cansativos não adequados ao humor dos soldados, que só desejavam a prática<sup>723</sup>.

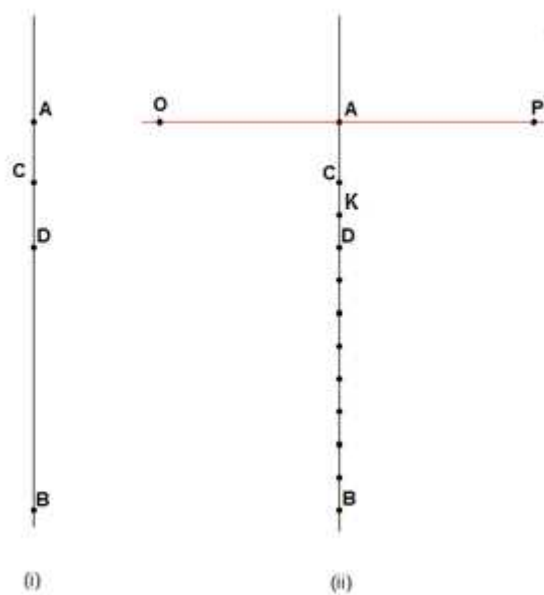
No *Exame de Artilheiros*, o autor apenas se referiu à bala em dois pontos da trajetória no ar: um na boca da peça de artilharia e outro no alvo. O estudo da trajetória foi deixado de lado, como um território proibido. No entanto, no *Exame de Bombeiros*, Alpoim assumiu uma nova postura, e afirmou ser a parábola a forma geométrica da trajetória de uma bala no ar.

A linha parabólica é definida por Alpoim como lugar geométrico<sup>724</sup> dos pontos que têm uma mesma propriedade, que é descrita enquanto ensina a construir a curva. Primeiro se refere a uma reta AB, sobre a qual se deve escolher um ponto qualquer D, que será o *foco* da parábola. Entre os pontos A e D, determina um ponto C, tal que sejam iguais as distâncias de A até C e de C até D (Figura VIII-130, i). A seguir, se deveria traçar uma reta perpendicular à reta A, reta OP, passando pelo ponto A. O segmento de reta CD é dividido ao meio em K. A extensão do segmento CK, como uma unidade de medida, é utilizada para dividir a reta AB, de C para B, em quantas partes se queira que seja a altura da parábola (Figura VIII-130, ii).

---

<sup>723</sup>ALPOIM, 1748, p.17.

<sup>724</sup>Alpoim (1748, p.18) afirma que foi buscar esta definição no curso de *Belidor, Nov. Curc. De Math. Liv. Das Secc. Conic.; cap. I, p.183*. Infelizmente as referências às suas fontes de consulta são sempre feitas abreviando a escrita do nome dos títulos e dos autores, o que torna difícil uma pesquisa a essas fontes.



**Figura VIII-130:** Procedimentos que deverão ser feitos, segundo Alpoim<sup>725</sup>, para que se construa geometricamente uma parábola.

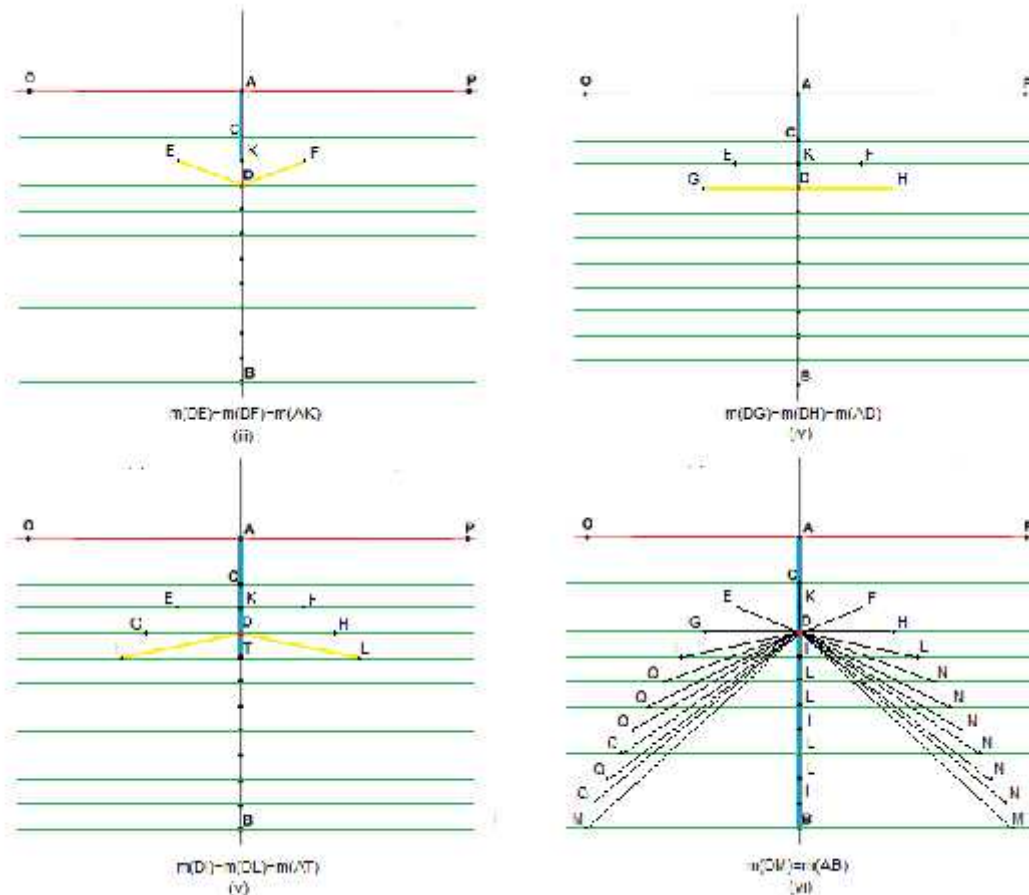
Alpoim segue no texto explicando como se determina a posição de um conjunto de pontos que pertencerão a uma mesma linha, a *parábola*:

Pelos pontos que dividiram o segmento CB em partes iguais, deveremos traçar retas paralelas à reta OP; como EF, GH, IL, QN, MN, e quantas mais forem, melhor se descreve a curva. Do ponto fixo D, faremos DE e DF, iguais a AK [Fig. VIII-131, 5iii]. Da mesma forma, DG e DH, iguais a AD [Fig. VIII-131, 5iv]; DI, e DL, iguais a AT [Fig. VIII-131, 5v]; e assim continuando, para acharmos uma quantidade de pontos tais que, como E, G, I, Q, M de uma parte, e da outra F, H, L, N, M [Fig. VIII-131, 5v]; e fazendo DM, igual a AB, a curva, que passa por estes pontos, se chama Parabólica; e é a que descrevem os graves arrojados, com movimento violento [o grifo é meu]<sup>726,727</sup>.

<sup>725</sup>ALPOIM, 1748, p.18.

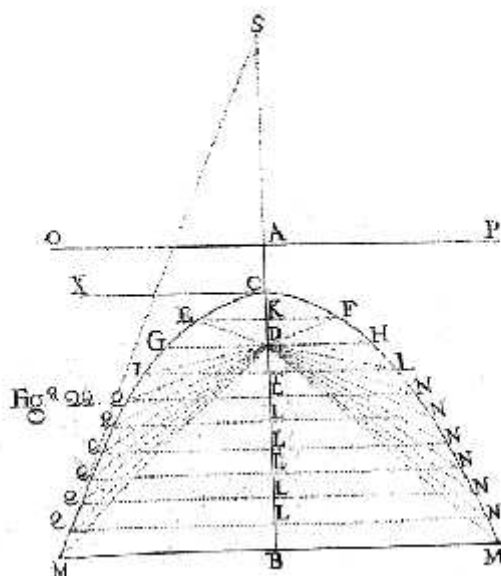
<sup>726</sup>ALPOIM, 1748, pp.18-19.

<sup>727</sup>A referência ao movimento violento torna evidente que Alpoim escreve (ou pensava) como um aristotélico, fazendo uso da velha física.



**Figura VIII-131:** Procedimentos que deverão ser feitos, segundo Alpoim (1748, 18), para que se construa geometricamente uma parábola. Esta figura dá continuidade à sequência de figuras na Figura VIII-130.

Uma parábola e seus parâmetros são mostrados por Alpoim na figura 22 (Figura VIII-132). Nesta, a reta CB se chama *eixo da parábola*. O quádruplo da distância do vértice da parábola, C, ao ponto focal (D), é a dimensão do segmento de reta CX, perpendicular à reta AB no ponto C, que é denominado de *parâmetro da parábola*. A linha MM é a *amplitude da parábola, ou alcance da bomba*. O segmento AB se chama *linha de projeção*. A reta MS, que toca a parábola em apenas um ponto, é uma reta tangente.



**Figura VIII-132:** Método geométrico para se construir uma parábola. (Fonte: ALPOIM, José Fernandes Pinto (1700-1765). *Exame de Bombeiros*, 1748. Cópia digital da obra, Biblioteca da Ajuda, Ministério da Cultura, Instituto Português do Patrimônio Arquitetônico, Palácio Nacional da Ajuda, Lisboa, figura 22).

Como se acha o valor do parâmetro de uma parábola?

Para determinar o valor do parâmetro da parábola, a *medida* do segmento de reta XC, que abreviaremos como  $m(XC)$ , será *necessário* determinar o valor do quadrado da metade do alcance da bomba  $\left(\frac{A}{2}\right)^2$ , e o resultado deverá ser dividido pelo valor do eixo *da parábola*,  $m(CB)=H_{\text{máx}}$ . Portanto, para calcular o parâmetro da parábola, deveremos resolver a expressão<sup>728</sup>:  $m(XC) = \frac{\left(\frac{A}{2}\right)^2}{H_{\text{máx}}}$ .

O estudo da geometria prossegue com o cálculo de volumes. O volume da esfera se obtém multiplicando-se o cubo do diâmetro por 11 e dividindo-se o resultado por 21<sup>729</sup>. O cálculo dos volumes de câmaras ocas permitiria saber

<sup>728</sup>Alpoim (1748, p.19) informou a maneira de calcular, sem demonstração. No texto, informou que a expressão foi obtida na obra de Belidor, *Trat. Dit. Prop.I.*

<sup>729</sup>Alpoim (1748, p.20) informou que a maneira de calcular o volume da esfera foi retirada da obra do seu mestre, Manoel de Azevedo Fortes, *Log. Racion. Part. 2. L. 5. Cap 4. Thecr. 21. Fol 251*. As referências, apesar de feitas de forma confusa, surgem no *Exame de Bombeiros* em maior quantidade do que ocorreu no *Exame de Artilheiros*. Como Alpoim considera  $\pi = \frac{22}{7}$ ,



quantas libras de pólvora leva um vão<sup>730</sup>. Uma libra de pólvora preenchia 23 polegadas cúbicas<sup>731</sup>. Um volume de 69 polegadas cúbicas se enche com 3 libras de pólvora, o que se determina dividindo 69 por 23. No entanto, nem sempre a divisão do volume por 23 é exata. Quando há resto, a pólvora que preenche o vão deveria ser determinada em unidades menores que a libra, que seriam a onça, a oitava e os grãos<sup>732</sup>. Um vão de 64 polegadas cúbicas seria preenchido por 2 libras, 12 onças, 4 oitavas, 12 grãos. Os cálculos necessários são mostrados abaixo.

$$\begin{array}{r|l}
 64 & 23 \\
 \hline
 18 & 2 \text{ libras}
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{r|l}
 (18 \times 16) 288 & 23 \\
 \hline
 12 & 12 \text{ onças}
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{r|l}
 (12 \times 8) 96 & 23 \\
 \hline
 4 & 4 \text{ oitavas}
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{r|l}
 (4 \times 72) 288 & 23 \\
 \hline
 12 & 12 \text{ grãos}
 \end{array}$$

### VIII.3 Tratado II: Da trigonometria dos bombeiros

A Trigonometria é a parte da Geometria que ensina o método de achar o valor dos lados e ângulos incógnitos de um triângulo. Na solução, são utilizados princípios e regras de três, que o autor denomina de *Analogias*. A razão constante entre o seno de um ângulo e a medida do lado oposto ao ângulo permite o uso da regra de três, porque as grandezas são diretamente proporcionais. As proporções que se estabelecem com as razões constantes permitem o cálculo dos termos incógnitos do triângulo. O uso dos senos naturais nos cálculos foi evitado por dar mais trabalho. Nas grandes multiplicações e divisões que se fazem durante a resolução de triângulos, era comum que os bombeiros cometessem erros nos cálculos. Os senos logarítmicos, que permitem transformar produtos em soma e divisões em

---

teremos  $\frac{4}{3}\pi = \frac{4}{3} \cdot \frac{22}{7} = \frac{88}{21}$ . Portanto, o volume da esfera,  $V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot \frac{D^3}{8}$ , será:  $V = \frac{88 D^3}{21 \cdot 8} = \frac{11}{21} D^3$ , que é a equação final que Fortes recomendou para o cálculo do volume da esfera

<sup>730</sup>ALPOIM, 1748, p.21.

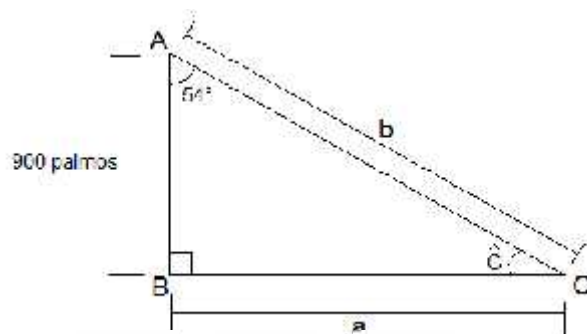
<sup>731</sup>Labatut *Trat. Da Artilharia fol. 75*; e S. Julien *Forg. de Vulc. Fol. 102* [sic] (ALPOIM,1748, p.22).

<sup>732</sup>Uma libra=16 onças; uma onça=8 oitavas; uma oitava=72 grãos.

subtrações, tornavam os cálculos mais simples. Portanto, o autor deu preferência a que os bombeiros aprendessem a resolver triângulos utilizando logaritmos.

Dados dois ângulos e um lado, em qualquer triângulo, achar os outros dois lados, e o ângulo, que falta.

Seja o triângulo ABC, e nele o ângulo B dado; reto ou de 90 graus, e o ângulo A; de 54 graus; e o lado AB, de 900 palmos; se quer o ângulo C, o os dois lados BC, AC (Figura VIII-133)<sup>733</sup>.



**Figura VIII-133:** Um triângulo em que se conhecem dois ângulos e um lado e se desconhecem dois lados e um ângulo.

$$\frac{\text{sen}36^\circ}{900} = \frac{\text{sen}54^\circ}{m(BC)} = \frac{\text{sen}90^\circ}{m(AC)}$$

$$\frac{0,58778}{900} = \frac{0,809025}{m(AC)}$$

$$\log \quad + \log 0,58778 = \log 900 + \log 0,809025$$

$$\log \quad - 0,23078 = 2,95424 - 0,092038$$

Para evitar números negativos, que corresponderiam aos logaritmos dos números menores que a unidade, o autor ensina aos bombeiros o uso de tabelas<sup>734</sup> que fornecem o valor do logaritmo de um número acrescentado de 10 unidades, um artifício que evitará o uso de números negativos. No texto, Alpoim<sup>735</sup> forneceu 9,76921 e 9,90795 como sendo os valores dos logaritmos

<sup>733</sup>ALPOIM, 1748, p.41.

<sup>734</sup>As tabelas não são fornecidas no texto. Alpoim sugere que se faça a consulta em outros autores, como na obra do Padre Tosca, em castelhano, ou em português, nos tratados de R. P. Manoel de Campos, da Companhia de Jesus, que considera ser *um dos mais doutos matemáticos da Europa* (ALPOIM, 1748, p.31).

<sup>735</sup>ALPOIM, 1748, p.41.

do seno de 36 graus e 54 graus, respectivamente, e informou tê-los obtido na tabela<sup>736</sup>. Dando prosseguimentos aos cálculos, teremos:

---

<sup>736</sup> Alpoim usava uma tabela de logaritmos com cinco decimais. Mas, seria necessário essa quantidade de decimais para resolver os problemas que se apresentavam ao bombeiro? Para dar resposta a esta pergunta devemos considerar que o instrumento para medir o ângulo de elevação da alma da peça de artilharia, que Alpoim ensina a construir sua escala (Figura VIII-128), tem como menor divisão o grau. Portanto, o erro máximo que é esperado em uma medida feita com esta escala é  $0,5^\circ$ , metade da menor divisão da escala. A medida não se expressa por um número, mas sim por intervalo numérico que contém o valor verdadeiro da medida, que sempre será desconhecido. Por exemplo, um bombeiro ao medir um ângulo que considera ser  $36,7^\circ$ , na verdade deverá considerar que é bem provável que o seu valor verdadeiro é maior que  $36,2^\circ$  e menor que  $37,2^\circ$ , o que podemos escrever como:

$$\text{ângulo} = 36,7^\circ \pm 0,5^\circ$$

Qual é a incerteza no seno  $y$  de um ângulo, cuja incerteza no ângulo é  $0,5^\circ$ ? Depois que se descobriu o Cálculo Diferencial e Integral, essa resposta passou a ser obtida assim:

$$y = \cos x$$

Diferenciando obtemos a incerteza  $dy$  correspondente à incerteza  $dx$ , do ângulo  $x$ .

$$dy = -\sin x \, dx$$

Nesta expressão o valor de  $dx$  é em radianos, porque o  $\sin x$  ou o  $\cos x$  são razões entre catetos e hipotenusa (raio do círculo) do triângulo retângulo formado no círculo trigonométrico, logo sua unidade é  $m/m$ . Portanto, se o ângulo  $dx$  fosse expresso em graus, a unidade de  $y$  seria  $(m/m) \cdot \text{grau}$ , que não tem sentido. Como a definição de radiano é a relação do comprimento de um arco pelo raio do círculo que subtende esse arco sua unidade é  $m/m$ . Logo, em radianos, meio grau é:

$$0,5^\circ = 0,5^\circ \frac{\pi}{180^\circ}$$

Então:

$$dy = -\cos 36,7^\circ \cdot 0,5^\circ \frac{\pi}{180^\circ}$$

$$dy = 0,007$$

Ou seja, a terceira casa decimal do  $\sin 36,7^\circ$  é aproximada, mas é um algarismo significativo!

O valor do seno do ângulo será expresso assim:

$$\sin 36,7^\circ = 0,598 \pm 0,007$$

com três casas decimais, porque a quarta não tem sentido físico.

Mas, como esse erro de 0,007 no seno do ângulo, (ou o erro de  $0,5^\circ$  no ângulo), se propagaria para o logaritmo do seno do ângulo?

Seja a função

$$y = \log_{10} \sin x$$

Para facilitar mudamos para logaritmos neperianos:

$$y = \frac{L \sin x}{L10} = 0,43429 \cdot L \sin x$$

$$\log + (-0,23078 + 10,00000) = 2,95424 + (-0,092038 + 10,00000)$$

$$\log + (9,76921) = 2,95424 + (9,90796)$$

$$\log = 3,09299$$

$$= 1238 \text{ palmos}$$

Com o mesmo procedimento, o autor segue com os cálculos e descobre o valor da medida da hipotenusa do triângulo m(AC).

A resolução poderia também ser feita diretamente sobre a figura do triângulo desenhado em escala e considerando a precisão fornecida pelo *Petipé* utilizado. Com este método, o bombeiro evitaria o uso dos cálculos elaborados, e os termos incógnitos seriam medidos diretamente sobre a figura.

Diferenciado:

$$dy = 0,43429 \frac{\cos x}{\sin x} dx$$

$$dy = 0,43429 \cdot \cot x \cdot dx$$

$$dy = 0,43429 \cdot \cot 36,7^\circ \cdot 0,5^\circ \frac{\pi}{180^\circ} = 0,00508 \quad 0,005$$

Então:

$$\log \sin 36,7^\circ = -0,22357 \pm 0,005$$

Como a terceira casa decimal é aproximada, arredonda-se para:

$$\log \sin 36,7^\circ = -0,224 \pm 0,005$$

Conclusão:

Pela análise do erro oriundo da Esquadra, vemos que um logaritmo com 5 casas decimais retirado da tabela sugerida por Alpoim em muito satisfaz, considerando que a terceira casa decimal já contém o algarismo duvidoso da medida. Alpoim tinha conhecimento do cálculo diferencial para fazer a análise de erro dessa maneira? A resposta a esta pergunta foge ao escopo desta Tese, porém na análise do Exame de Artilheiros e do Exame de Bombeiros percebemos que seu autor tem conhecimentos sobre medidas e erros. Uma possibilidade de cálculo mais simples da incerteza associada a medida do ângulo de  $36,7^\circ$ , e que poderia ter sido feito por Alpoim, mesmo se desconhecesse o cálculo diferencial, seria o cálculo direto da diferença entre os valores dos logaritmos dos senos dos ângulo  $37,2^\circ$ , que é o valor medido acrescentado da máxima incerteza da medida, e  $36,7^\circ$ , o valor medido. O resultado da diferença, 0,00504, demonstra que na terceira casa decimal começa a surgir a incerteza no valor do logaritmo do seno do ângulo medido, como foi concluído anteriormente com o uso do cálculo diferencial. (Quero deixar aqui registrado que para esta análise muito contribuiu o engenheiro Antonio Vieira Martins, que foi professor no Instituto Militar do Exército, na Marinha do Brasil, e na Universidade do Estado do Rio de Janeiro, da disciplina Seleção de Métodos e de Instrumentos).

O Tratado de Trigonometria assim termina. O bombeiro, após ter estudado os dois tratados iniciais, estaria apto a resolver triângulos sobre o solo e calcular distâncias e alturas. Com a medida de distâncias, a *Longimetria*, e a medida de alturas, a *Altimetria*, os dois tratados que veremos a seguir completariam a formação do bombeiro. Ao compararmos a geometria ensinada ao aspirante de bombeiro com a que se ensinava ao aspirante de engenheiro militar, concluímos que *O Exame de Bombeiros* e *O Engenheiro Português* eram cursos que se destinavam a alunos de um mesmo nível intelectual, que era superior ao do aluno que apenas aspirava a ser um soldado artilheiro, ao qual *Exame de Artilheiros* era adequado. Para formar os soldados bombeiros, Alpoim procurou, sempre que possível, oferecer uma segunda via para dar solução aos problemas, como a que acabamos de ver acima, com a resolução do triângulo através do seu desenho em escala. Mas, mesmo assim, ficava evidente que o aspirante a soldado bombeiro deveria ter um nível de formação básica superior ao do aspirante a soldado artilheiro. Com um ensino aprofundado, Alpoim pretendia, em um único texto, dar formação ao soldado e ao oficial.

#### VIII.4 Tratado III: Da longimetria

A Longimetria, como informa o autor, seria a arte de medir distâncias horizontais e verticais, acessíveis ou inacessíveis, utilizando a vara, o passo, o palmo ou qualquer outra unidade de comprimento.

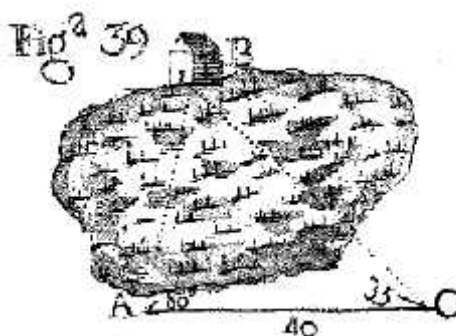
A estratégia didática do autor foi o estudo de casos. Uma possível situação real teria sua representação sobre o papel. A Geometria permitia que a guerra fosse transferida do solo para a superfície do papel.

Como medir uma distância determinada, e acessível, por uma só parte? Suponhamos o alvo em B, além de um rio, e o queremos bombardear do ponto A, acessível; porém não sabemos se está dentro do alcance do morteiro.<sup>737</sup>

---

<sup>737</sup>ALPOIM, 1748, p.63.

A representação da possível realidade está no texto, figura 39 (Figura VIII-134).



**Figura VIII-134:** Com um morteiro localizado em A se pretende bombardear o alvo localizado em B. O morteiro teria a capacidade de alcançar o alvo? Para dar resposta a esta questão, no triângulo ABC a medida direta sobre o que é acessível permite que se saiba o valor de dois ângulos e o lado AC. A trigonometria fornece o cálculo da distância AB, que corresponde ao alcance necessário do tiro. (Fonte: ALPOIM, José Fernandes Pinto (1700-1765). *Exame de Bombeiros*, 1748. Cópia digital da obra, Biblioteca da Ajuda, Ministério da Cultura, Instituto Português do Patrimônio Arquitetônico, Palácio Nacional da Ajuda, Lisboa, figura 39).

A medida de AB poderá ser determinada considerando o triângulo ABC, que com auxílio de instrumentos se mediu a distância de A até C, 40 braças, e os ângulos dos vértices A e C, como  $80^\circ$  e  $35^\circ$ , respectivamente. Assim se conclui que o ângulo no vértice B é de 65 graus. Desta forma:

$$\frac{\sin 35^\circ}{AB} = \frac{\sin 65^\circ}{40}$$

$$\log(\sin 35^\circ \cdot 40) = \log(\sin 65^\circ \cdot AB)$$

$$[\log(\sin 35^\circ) + 10] + \log 40 = [\log(\sin 65^\circ) + 10] + \log AB \quad (I)$$

Como já foi dito anteriormente, no lugar do valor do seno de um ângulo, Alpoim faz uso do seno logaritmo de um ângulo, que é o valor do logaritmo do seno do ângulo mais 10 unidades, um recurso simplificador dos cálculos que transforma produtos em soma e evita resultados negativos. Desta forma, Alpoim fornece<sup>738</sup>:

S. L. do ângulo B, de  $65^\circ$  ..... 9,95727

L. do lado AC, de 40 braças ..... 1,60206

S. L. do ângulo C. de  $35^\circ$  ..... 9,75859

L. do lado AB, que se busca ..... [ é o que se deseja calcular]

<sup>738</sup>ALPOIM, 1748, p.63.

Substituindo na equação (I), teremos:

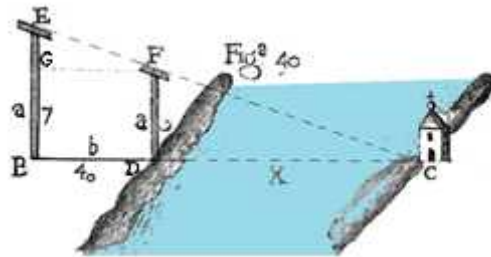
$$9,75859 + 1,60206 = 9,95727 + \log AB$$

$$\log AB = 1,40338$$

$$AB = 25,3 \text{ braças}$$

Uma segunda via de solução é oferecida para medir a distância que separa o alvo do morteiro. Considere a figura 40 do texto (Figura VIII-135) uma representação sobre o papel de uma possível realidade. O autor propõe o uso de duas hastes de tamanhos desiguais para determinar uma distância desconhecida, representada na figura por  $X$ , a qual não se pode medir diretamente, como a largura de um rio:

Tomemos dois meios piques desiguais que tenham: um, 5 palmos; e outro, 7 palmos, que terão, no seu extremo, umas reguazinhas móveis.



**Figura VIII-135:** O alvo, localizado no ponto C da figura, deverá ser alvejado por um morteiro localizado na margem oposta. Como medir o alcance necessário do tiro sem o uso de instrumentos? (Fonte: ALPOIM, José Fernandes Pinto (1700-1765). *Exame de Bombeiros*, 1748. Cópia digital da obra, Biblioteca da Ajuda, Ministério da Cultura, Instituto Português do Patrimônio Arquitetônico, Palácio Nacional da Ajuda, Lisboa, figura 40, modificada com a introdução de cor azul no rio).

Na Figura VIII-135, como são semelhantes os triângulos CDF e FGE, seus lados correspondentes são proporcionais, e poderemos escrever:

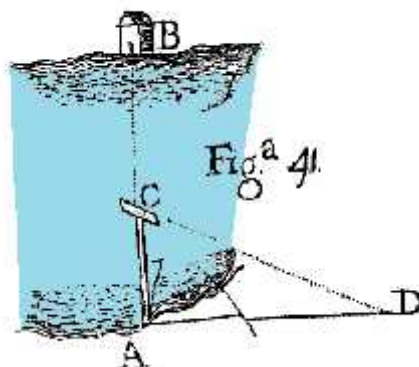
$$\frac{x}{a} = \frac{b}{c}$$

$$\frac{x}{5} = \frac{40}{(7-5)}$$

$$x = 100 \text{ palmos}$$

Ainda pensando naquele que tinha maior dificuldade para o cálculo, outro método para determinar a distância do alvo ao morteiro é ensinado usando-se apenas uma haste, como mostra a figura 41 (Figura VIII-136):

No ponto A meteremos o meio pique AC, a prumo, de 7 palmos (mais, ou menos, conforme a distância for maior ou menor) do alto da sua extremidade C; faremos uma fresta para lhe entrar uma reguazinha de madeira, ou metal, que se levantará, ou abaixará, até que por ela vejamos o alvo B; logo voltaremos o pique em roda, sempre a prumo; e conservando a situação da régua móvel, observaremos, pela mesma régua, a parte AD, em terreno de nível [assim determinando dois triângulos congruentes], e medindo a distância AD, esta será igual à distância que há de A até B<sup>739</sup>.



**Figura VIII-136:** Determinação da distância que separa um morteiro do seu alvo na outra margem de um rio apenas utilizando uma haste que possui uma pequena régua móvel na sua extremidade, que serve para mirar o alvo ao longo da sua extensão. (Fonte: ALPOIM, José Fernandes Pinto (1700-1765). *Exame de Bombeiros*, 1748. Cópia digital da obra, Biblioteca da Ajuda, Ministério da Cultura, Instituto Português do Patrimônio Arquitetônico, Palácio Nacional da Ajuda, Lisboa, figura 41, modificada com a introdução de cor azul no rio).

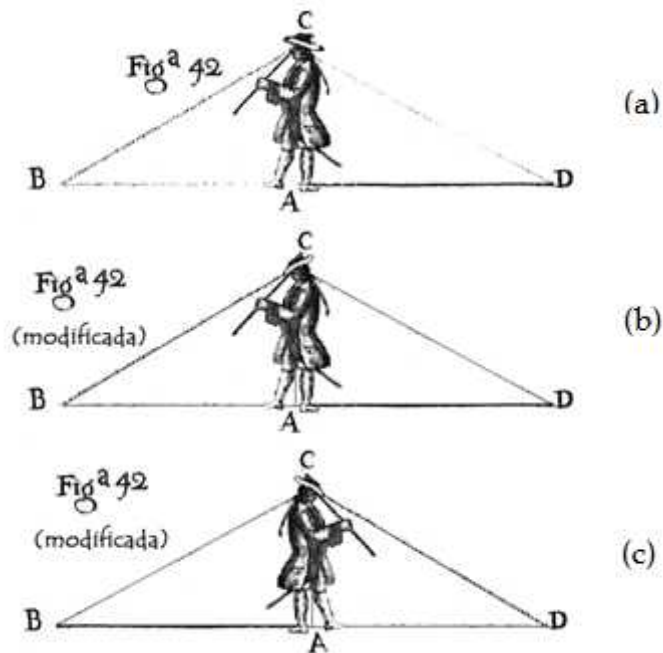
O bombeiro prático ainda poderia utilizar um terceiro método para medir a sua distância ao alvo, como mostra a Figura VIII-137:

Seja a distância AB, que se quer medir, a largura de uma ribeira. O bombeiro se põe a prumo, com a cara segura sobre uma bengala Figura VIII-137(a), e nesta situação abaixe o chapéu sobre a frente [Figura VIII-137(b)], de sorte que o raio visual, passando pela borda do chapéu, vá se encontrar com o alvo B; logo, dando meia volta à direita, ou se movendo à direita, para D, sobre o salto do sapato, e sem mover nem o bastão nem o chapéu, enfie novamente um ponto, como D, onde chegar o raio visual [Figura VIII-137(c)]; [como os triângulos ABC e o triângulo ADC são congruentes] a distância AD será igual à distância AB, e ainda que seja puramente mecânica, pode ser útil na prática [sempre que for possível medir AD no lugar de AB]<sup>740</sup>.

<sup>739</sup> ALPOIM, 1748, p.64.

<sup>740</sup> ALPOIM, 1748, p.65.





**Figura VIII-137:** Método prático e puramente mecânico para que um bombeiro, usando o seu chapéu, determine sobre o solo nivelado e acessível a distância que o separa de um alvo inacessível. (Fonte: ALPOIM, José Fernandes Pinto (1700-1765). *Exame de Bombeiros*, 1748. Cópia digital da obra, Biblioteca da Ajuda, Ministério da Cultura, Instituto Português do Patrimônio Arquitetônico, Palácio Nacional da Ajuda, Lisboa, figura 42, a figura 42. A figura 42 também foi modificada para tornar o texto mais claro).

Como medir de cima de um monte, uma distância vertical, e horizontal inacessível?

Suponhamos um morteiro sobre uma montanha, ou um terrapleno de uma Praça, e que queremos lançar bombas à campanha; para o que nos é necessário medir a distância horizontal e vertical (Figura VIII-138).



**Figura VIII-138:** Um morteiro em A irá lançar bomba no alvo C. Qual deverá ser o alcance do tiro? (Fonte: ALPOIM, José Fernandes Pinto (1700-1765). *Exame de Bombeiros*, 1748. Cópia digital da obra, Biblioteca da Ajuda, Ministério da Cultura, Instituto Português do Patrimônio Arquitetônico, Palácio Nacional da Ajuda, Lisboa, figura 43).

Para dar solução ao problema, primeiro se deve obter o ponto B, localizado em local acessível, tal que nos permita medir com instrumentos a distância AB e dois ângulos do triângulo ABC. Com um lado e dois ângulos do triângulo, calculamos o lado AC, que não será o alcance que deverá ter o tiro,

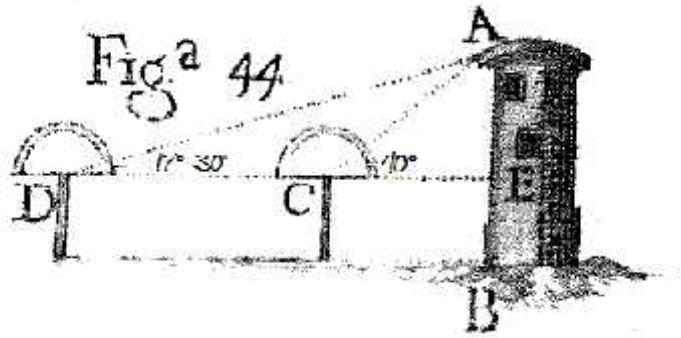
porque o alcance se mede sobre o plano horizontal. Assim sendo, será necessário determinar o triângulo retângulo ADC, e nele obter o ângulo entre a direção que de A se mira o alvo e a vertical. Como AC foi determinado na resolução do triângulo ABC, o triângulo retângulo ADC tem dois ângulos e um lado conhecido, a hipotenusa. O cálculo do cateto AD determina a altura em relação ao alvo que está o morteiro, e o cateto DC será a medida do alcance do tiro.

Com este exemplo, o autor encerra o tratado porque considera que os exemplos que foram analisados são suficientes para auxiliar na solução de qualquer problema de longimetria que um bombeiro possa vir a ter no exercício da sua profissão.

## VIII.5 Tratado IV: Da altimetria

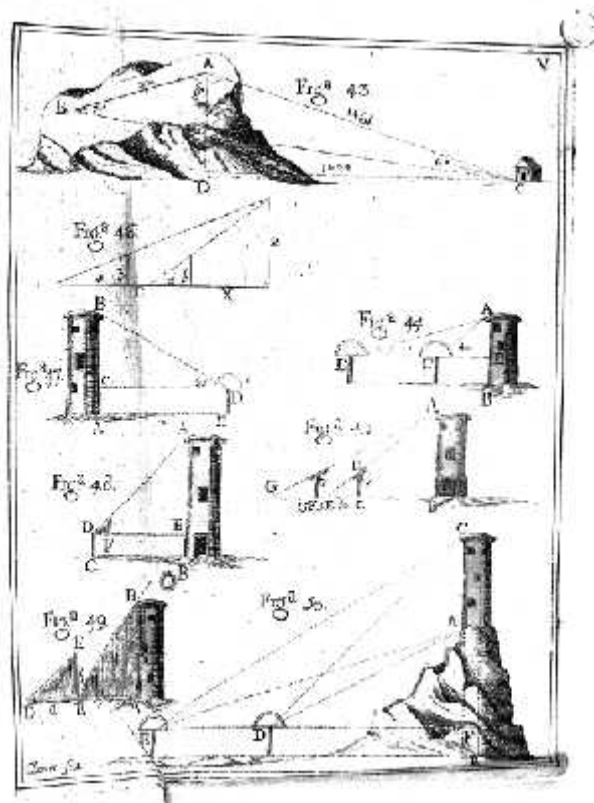
Altimetria seria a arte que ensina a medir alturas de lugares acessíveis e inacessíveis. Como fez no tratado da Longimetria, Alpoim ensinou a arte diretamente sobre o estudo de casos.

Como medir a altura de uma torre, a que nós não temos acesso, como mostra a Figura VIII-139. A altura do cateto oposto ao ângulo de 40 graus poderá ser determinada se antes for determinado o valor de AD, considerando que não se teria acesso direto à medida de CE. A medida AD fica determinada no triângulo ACD, onde DC são 40 braças, e os ângulos nos vértices D e C serão medidos pelo instrumento. No triângulo ADC, com dois ângulos e um lado conhecido, se determina o lado AC. No triângulo retângulo ACE, conhecendo-se os ângulos nos vértices E e C, e a medida de AC, determina-se o cateto AE, ao qual se acrescenta a altura do instrumento e se determina, assim, o valor de AB, a altura da torre.



**Figura VIII-139:** Medida da altura da torre AB com o auxílio de instrumento mede ângulos colocados em C e D. (Fonte: ALPOIM, José Fernandes Pinto (1700-1765). *Exame de Bombeiros*, 1748. Cópia digital da obra, Biblioteca da Ajuda, Ministério da Cultura, Instituto Português do Patrimônio Arquitetônico, Palácio Nacional da Ajuda, Lisboa, figura 44).

Os diversos casos de problemas de altimetria resolvidos no tratado, e as respectivas figuras, numeradas de 43 até 50, todas reunidas em uma mesma página no *Exame de Bombeiros* (Figura VIII-140), trazem para a superfície do papel a representação da realidade. Em cada caso, como fez no tratado de Longimetria, o autor procurou apresentar uma segunda via para a solução do problema de uma forma mais prática, com o uso de menos cálculo, mais adequado aos soldados. Em resumo, em diversos exemplos fica evidente que Alpoim sempre procurou apresentar, em um mesmo texto, dois níveis de formação diferentes, um mais elementar, adequado a formar soldados bombeiros, e outro mais avançado, destinado aos mais hábeis com os cálculos, com melhor nível de formação, que provavelmente poderiam ser aqueles que se tornariam os oficiais da Artilharia.



**Figura VIII-140:**Diversos casos onde se determina a altura de um ponto ao qual não se tem acesso e no qual se deseja lançar bombas. (Fonte: ALPOIM, José Fernandes Pinto (1700-1765). *Exame de Bombeiros*, 1748. Cópia digital da obra, Biblioteca da Ajuda, Ministério da Cultura, Instituto Português do Patrimônio Arquitetônico, Palácio Nacional da Ajuda, Lisboa).

## VIII.6 Tratado V: Dos morteiros, ou exata arte de deitar bombas

O que é Bombeiro?

Bombeiro é um soldado ciente, destro e experimentado no manejo do morteiro; observados regra e preceitos da arte<sup>741</sup>.

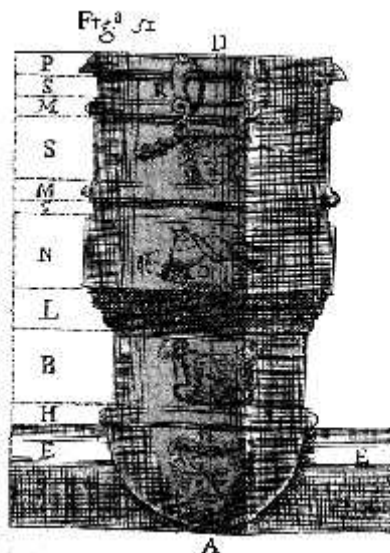
Os morteiros são uma espécie de peça de artilharia mais curta do que seria o comum e possuem uma câmara no fundo da alma de menor calibre que a boca. Com essas armas, como as catapultas no passado, serviam para lançar bombas, carcaças, granadas, barris fulminantes, sacos de pedras, fogos artificiais e tudo que pudesse causar dano ao inimigo localizado em Praça, Vila, Castelo ou Armada. Os morteiros, comparados com as demais peças de artilharia, eram mais baratos, fáceis de transportar, e seus tiros podiam

<sup>741</sup>ALPOIM, 1748, p.79.

alcançar o alvo com maior precisão, uma eficiência que se refletia na economia de pólvora e munição.

O morteiro, segundo Alpoim<sup>742</sup> era formado por conjuntos de partes, as quais são mostradas na figura 51 (Figura VIII-141).

E	Munhões.	O	Asas, ou delfins.
F	Culatra e ouvido.	S	Liso da bolada.
G	Cassoleta.	M	Cordão.
H	Bossel, com seu filete.	S	Segundo liso da bolada.
B	Liso do primeiro reforço.	S	Terceiro liso da mesma.
L	Papos de pomba, ou gulas reevasas.	P	Bocal.
N	Faixa alta do segundo reforço.	R	Asas, ou delfins do bocal.



**Figura VIII-141:**Partes que compõem um morteiro (Fonte: ALPOIM, José Fernandes Pinto (1700-1765). *Exame de Bombeiros*, 1748. Cópia digital da obra, Biblioteca da Ajuda, Ministério da Cultura, Instituto Português do Patrimônio Arquitetônico, Palácio Nacional da Ajuda, Lisboa, Figura 51).

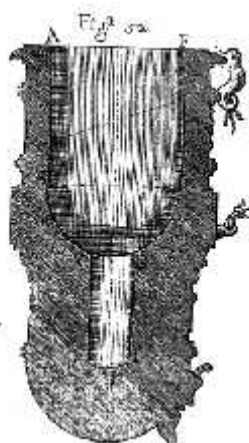
Os morteiros eram de ferro ou bronze. Os de ferro raras vezes tinham asas, pelo perigo de se quebrarem com qualquer pancada. O diâmetro da sua alma, *bocadura*, medido em polegadas, era a forma utilizada para denominar os morteiros, e não como se fazia com as peças de artilharia, que eram denominadas segundo o peso das bombas que arrojavam<sup>743</sup>. As diversas partes do morteiro mantinham umas em relação às outras dimensões

<sup>742</sup>ALPOIM, 1748, p.91.

<sup>743</sup>ALPOIM, 1748, p.91.

proporcionais, o que permitia a perfeita identificação do tipo de morteiro. Os morteiros que mais se usavam tinham almas com diâmetros de 6, 9 e 12 polegadas. No entanto, *Vauban*<sup>744,745</sup> também recomendava os morteiros de 16 e 18 polegadas porque eram bons para desmoronarem as terras das brechas e arruinar os retrincheiramentos.

As câmaras onde se colocava a carga de pólvora podiam ser esféricas, cilíndricas, ou em forma de pera. Como mostra a Figura VIII-142, as câmaras tinham um diâmetro menor que o da alma, que era uma situação oposta à que se verificava nas peças de artilharia.



**Figura VIII-142:** Morteiro com câmara cilíndrica e que possui diâmetro menor que o diâmetro da alma (Fonte: ALPOIM, José Fernandes Pinto (1700-1765). *Exame de Bombeiros*, 1748. Cópia digital da obra, Biblioteca da Ajuda, Ministério da Cultura, Instituto Português do Patrimônio Arquitetônico, Palácio Nacional da Ajuda, Lisboa, Figura 52).

Segundo Alpoim, os franceses modernos<sup>746</sup> utilizavam um morteiro, ao qual chamam *Provete*, mostrado na Figura VIII-143, para qualificar a pólvora. Como instrumento de medida, o *Provete* tinha que ser fabricado em bronze, e suas medidas eram todas padronizadas:

Com um diâmetro na boca de 7 polegadas e  $\frac{8}{3}$  de linha; a altura da alma de 8 polegadas e 10 linhas; o diâmetro da câmara de 1 polegada e 10 linhas; a sua altura de 2 polegadas e 5 linhas; o diâmetro do ouvido de uma linha e

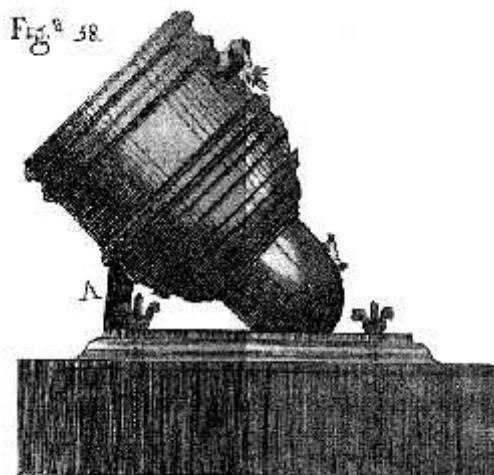
<sup>744</sup>Alpoim faz referência a obra: *Vauban Attaq. E Deffenç. De Prac Cap II. Fol. 81.*

<sup>745</sup>ALPOIM, 1748, p.101.

<sup>746</sup>Alpoim assume neste ponto do texto que a modernidade da época exigia que para qualificar as pólvoras fosse necessário pesar e medir. A forma qualitativa de avaliar a qualidade da pólvora que ensinou no *Exame de Artilheiros*, assim como seu mestre Manoel de Azevedo Fortes, em *O Engenheiro Português*, eram técnicas obsoletas.

meia. As grossuras da peça seriam: de 10 linhas e  $\frac{6}{8}$  de linha à roda da câmara; 1 polegada, 5 linhas e  $\frac{1}{4}$ ; no fundo da alma, 2 polegadas e 5 linhas: as molduras têm sacada, para fora, 3 linhas.

Este morteiro é fundido, com a mesma caixa de bronze, a qual deve ter de comprimento 16 polegadas e 9 de largo; devendo ficar o Morteiro com elevação de 45 graus, desta caixa sai uma lingueta, que tem 2 ou 3 linhas de grosso, e duas polegadas, ou 2, e  $\frac{1}{2}$  de largo; com A, que serve para sustentar o bojo do Morteiro<sup>747</sup>.



**Figura VIII-143:** *Provete*, morteiro utilizado para qualificar as pólvoras. (Fonte: ALPOIM, José Fernandes Pinto (1700-1765). *Exame de Bombeiros*, 1748. Cópia digital da obra, Biblioteca da Ajuda, Ministério da Cultura, Instituto Português do Patrimônio Arquitetônico, Palácio Nacional da Ajuda, Lisboa, Figura 58).

A qualificação da pólvora se fazia carregando o *Provete* com 3 onças de pólvora, sem serem calcadas, e colocando no interior da alma uma bala de bronze de 60 libras de peso. O tiro produzido nestas condições deveria ter um alcance superior a 45 braças (99 metros).

Nós devemos usar deste *Provete*, para o reconhecimento das novas pólvoras; por nos livrarmos de tantos enganões, quantos Polvaristas traçam, introduzindo pólvora ruim, sem que tenha a força necessária; e ainda algumas velhas, por não serem tão boas as provas ordinárias: seguir-se-ia ao Real Serviço uma grande utilidade, mandando praticar este *Provete*, para o acima dito.<sup>748</sup>

<sup>747</sup>ALPOIM, 1748, pp.102-103.

<sup>748</sup>ALPOIM, 1748, p.104.

Os morteiros e as peças de artilharia deveriam ter marcado no corpo da peça o peso. O peso definia quantos cavalos, ou bois, deveriam ser utilizados no transporte das peças de artilharia. A cada 300 libras de peso se deveria usar um cavalo. No caso de se usarem bois, deveria ser usado o dobro do número de cavalos<sup>749,750</sup>.

Como já foi dito antes, os morteiros eram diferenciados pelos diâmetros da alma, medida em polegadas. No entanto, na prática, os bombeiros utilizam dar o nome ao morteiro pelo diâmetro das bombas que jogavam. As peças de artilharia<sup>751</sup> recebem seu nome pelo peso da sua bala de ferro, mas este procedimento não era usual nos morteiros, considerando que o peso das bombas poderia ser aumentado, ou diminuído, conforme a utilidade que se dava à bomba.

A carga em um morteiro poderia ser dada colocando-o a prumo, inserindo a pólvora na câmara e dando-lhe duas pancadas com o soquete. A câmara não ficará totalmente cheia, restando espaço para se colocar um taco de madeira, ou terra. No uso de terra, devemos dar-lhe golpes com o soquete e, com a unha, verificamos quanto está dura. Quanto mais dura se deixa a terra calcada, maior será o alcance do tiro. A bomba é colocada sobre a terra, ou o taco, que cobre a pólvora na câmara. Para dar maior precisão ao processo, usam-se tacos no lugar da terra, e com tacos de madeira macia, as bombas vão mais longe. Com os morteiros que já eram fundidos fixos na posição que dava ao tiro uma elevação de 45 graus, os diferentes alcances de tiro eram obtidos variando a carga de pólvora. Mas, como era difícil ter um controle preciso sobre o processo de carregar a peça, os morteiros seriam melhores quando os diferentes alcances pudessem ser obtidos dando-se diferentes inclinações à peça e mantendo constante o procedimento do carregamento. Alguns bombeiros regulavam a carga pelo peso da bomba, dando a cada 30 libras de peso da bomba carregada, uma de pólvora, até alcançar a carga

---

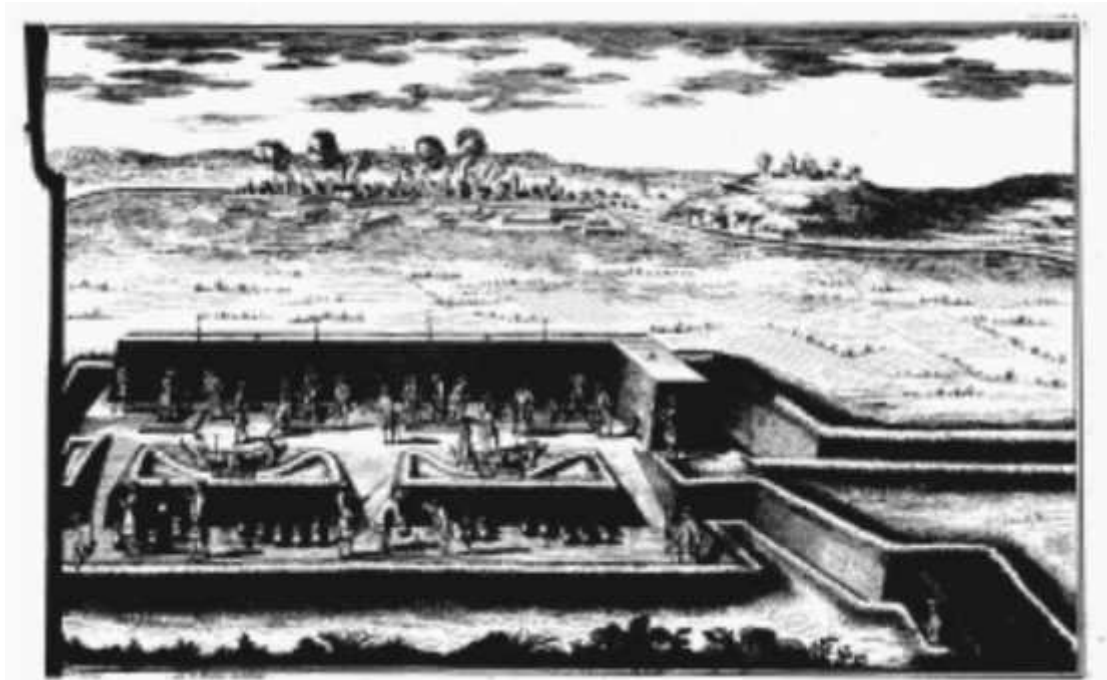
<sup>749</sup>ALPOIM, 1748, pp.105-106.

<sup>750</sup>Para dar essa informação, Alpoim não se sustenta na prática pessoal, mas sim na obra de vários autores modernos franceses, como Blond e Surirey, e nas *Memórias da Academia Real das Ciências de Paris*, do ano de 1699.

<sup>751</sup>Alpoim denominava de morteiro a peça de artilharia própria para lançar bombas, que era utilizada pelos bombeiros, enquanto as bocas de fogo utilizadas pelos artilheiros eram genericamente reconhecidas como peças de artilharia.



máxima possível. Um morteiro de 12 polegadas somente poderia ser carregado até 5 ou 6 libras de pólvora<sup>752</sup> quando, com elevação de 45 graus, lançariam bombas a 630 braças(1386 metros). Os morteiros de câmara esférica produziam tiros com maior alcance. Quando se desejava de alguma armada bombardear qualquer Cidade ou Praça, fazia-se uso de morteiros de 12 ou 18 polegadas. Nenhum morteiro produzia tiros com alcance superior a 1800 braças (3960 metros)<sup>753</sup>.



**Figura VIII-144:** Em uma bateria de morteiros, os bombeiros não tinham uma visão direta do seu alvo. Para apontar os morteiros, utilizavam hastes sobre os muros de proteção, para as quais os morteiros deveriam apontar para lançar suas bombas na direção do alvo. Um oficial bombeiro, mantido em um ponto privilegiado de observação, mantinha o comandante da bateria informado sobre o resultado dos tiros sobre os alvos. (Imagem obtida em: Surirey de Saint-Remy, Pierre. Mémoires d'artillerie. 1697, cópia digital fornecida no sítio Gallica, BNF, 1978).

Os morteiros geralmente não eram colocados em canhoneiras, como se fazia com as peças de artilharia, mas ficavam cobertos por elevados muros de proteção. Os bombeiros raras vezes tinham visão do alvo (Figura VIII-144). Assim sendo, a avaliação da ação de uma bateria exigia que houvesse um

<sup>752</sup>O alcance de um tiro não crescia indefinidamente com o aumento da quantidade de pólvora. Para achar a maior carga possível, eram dados vários tiros com a mesma elevação no morteiro e aumentando pouco a pouco a carga de pólvora. O valor da carga máxima produziria o maior alcance possível, e cargas maiores que a máxima não conseguiam elevar ainda mais o valor do alcance (ALPOIM, 1748, p.213).

<sup>753</sup>ALPOIM, 1748, p.117.

observador em melhor posição que a dos bombeiros. O observador geralmente era um oficial bombeiro que procurava estar localizado em um ponto elevado que permitisse observar os alvos enquanto ocorria o bombardeio. Inicialmente, o oficial observador, com a ajuda de prático do país, deveria preparar uma exata relação dos possíveis alvos que se pretendia bombardear e identificá-los com nomes e posição. A seguir, tal relação era remetida ao comandante da bateria, que era quem tinha a autoridade para eleger os alvos que seriam bombardeados. As bombas não poderiam ser lançadas sobre qualquer alvo. Havia uma conduta que deveria ser obedecida, mesmo durante a guerra. Não se poderia bombardear o interior da Praça onde se encontrasse o príncipe ou a princesa. Não seria lícito queimar templos, conventos e hospitais. Mas poderiam ocorrer exceções quando em tais prédios o inimigo tivesse estabelecido bateria nos seus interiores. Não se poderia bombardear um alvo ilícito sem a expressa ordem do General<sup>754</sup>.

O comandante da bateria, com a relação dos alvos, estabelecia qual seria o primeiro alvo, o segundo, o terceiro e assim sucessivamente. Após mandar dar fogo aos morteiros, um de cada vez, e com intervalo bastante entre um tiro e o seguinte, o oficial bombeiro observador verificava se as bombas haviam chegado aos alvos ou se tinham ido mais longe, mais perto ou se ladearam. Feita a primeira descarga, o oficial observador remetia ao comandante da bateria suas observações, que serviam para melhorar os resultados do bombardeio. Após as devidas emendas, o comandante ordenava a segunda descarga, para a qual o oficial observador também deveria relatar os novos resultados. A segunda descarga seguia a terceira, a quarta e quantas mais fossem necessárias<sup>755</sup>. O primeiro tiro, conhecido por tiro de norma, estabelecia os parâmetros que seriam utilizados nos cálculos dos demais tiros.

Para Alpoim<sup>756</sup>, somente seria possível trabalhar com prontidão nas baterias se cada morteiro fosse servido por dois bombeiros e três soldados. O autor não concordava com aqueles que afirmavam que bastavam dois

---

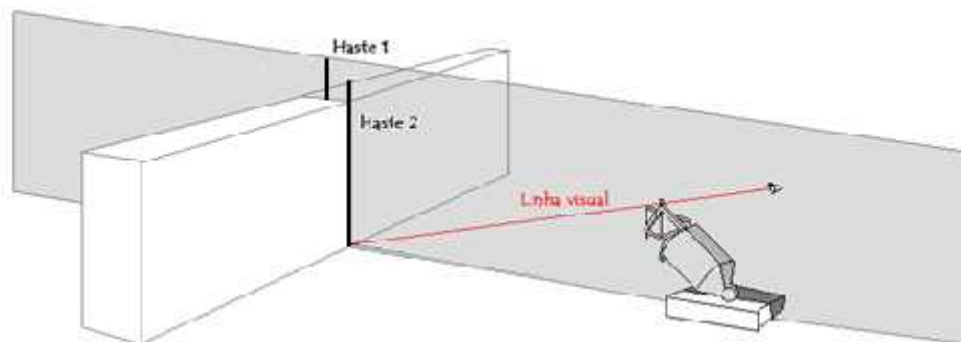
<sup>754</sup>ALPOIM, 1748, p.165-179.

<sup>755</sup>ALPOIM, 1748, p.166.

<sup>756</sup>ALPOIM, 1748, p.163.

bombeiros e dois soldados. Nos morteiros bem servidos, se conseguia de 30 a 36 tiros em uma hora, cerca de um tiro a cada dois minutos.

O posicionamento correto dos morteiros seria fundamental para que as bombas caíssem sobre o alvo. Como eram altos os parapeitos das baterias, com mais de 2 metros de altura, os bombeiros utilizavam duas hastes verticais, meios piques, para auxiliar na pontaria dos morteiros. As hastes determinavam o plano vertical onde estaria o alvo (Figura VIII-145).

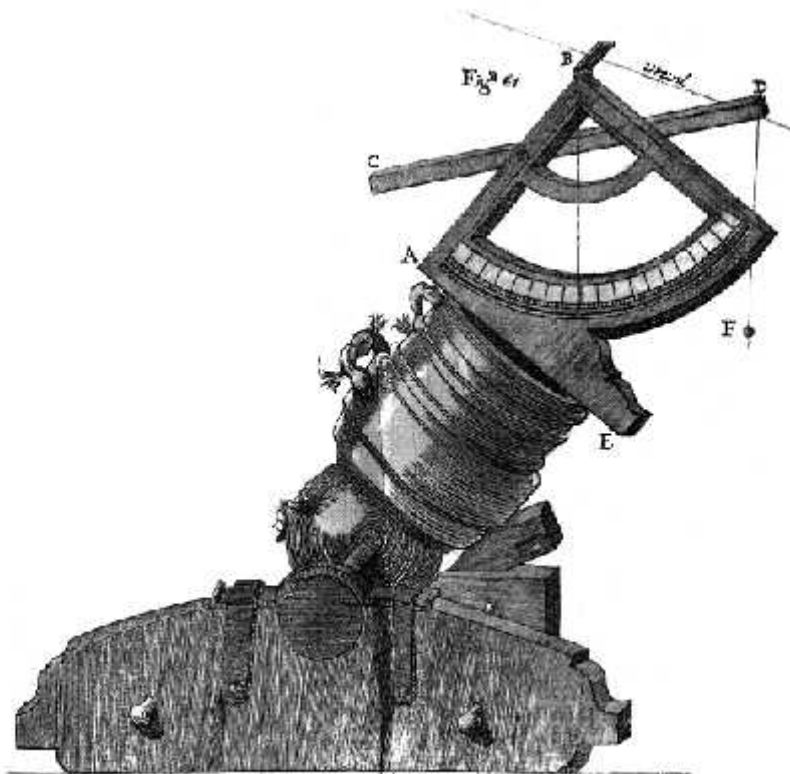


**Figura VIII-145:** Plano vertical, que contém o alvo e o plano de simetria do morteiro, fica determinado por duas hastes colocadas junto ao parapeito.

A Esquadra Diretora inventada por Alpoim auxiliava no posicionamento correto do morteiro. Como mostra a Figura VIII-146, com a esquadra apoiada na boca do morteiro através do braço AE, o bombeiro deveria primeiro observar se o fio de prumo DF estava justo à superfície da escala, o que indicava que o plano de simetria da peça estava na vertical. A seguir, olhando através da pínula B, o bombeiro mandaria ladear ou rabear o morteiro até que sua linha visual passasse por B, pelo extremo D da haste móvel e por uma das hastes verticais existentes nos muros da bateria. A observação era repetida, modificando a inclinação da haste CD para que se observassem diversos pontos da haste vertical. Com tais observações, estaria o bombeiro seguro da posição correta do morteiro, ao qual restava apenas dar a carga de pólvora e elevação adequada. O bom resultado obtido com o uso da Esquadra Diretora foi atestado pelo seu inventor:

Na Aula da Artilharia desta Cidade do Rio de Janeiro, em que sou Lente, fiz várias experiências, e sempre achei que a

Diretora me correspondia ao conceito que dela fiz quando a inventei<sup>757</sup>



**Figura VIII-146:** *Esquadra Diretora*. Invenção de Alpoim para melhor direcionar os morteiros. (Fonte: ALPOIM, José Fernandes Pinto (1700-1765). *Exame de Bombeiros*, 1748. Cópia digital da obra, Biblioteca da Ajuda, Ministério da Cultura, Instituto Português do Patrimônio Arquitetônico, Palácio Nacional da Ajuda, Lisboa, Figura 61).

Os morteiros foram inventados no século XVI, época em que os tiros eram ajustados ao alvo por tentativas e erros. Os bombeiros geralmente ignoravam qualquer teoria de balística externa.

Há várias opiniões sobre o tempo e inventor [do morteiro], porque alguns dizem ter sido em Nápoles, no reinado de Carlos VIII, outros afirmam ter sido um morador de Venlo, em 1588, que fazendo a experiência pôs fogo à maior parte da Cidade. As primeiras que se viram foi no sítio de Vachtendonck, cuja guarnição se atemorizou, de sorte que se rendeu ao Conde de Mansfeld, que a sitiava. Os escritores franceses dizem que em 1521 se viram a primeira vez em Mezieres.

O Jornal dos Sábios, citado por Richelet no Dict. etr. B. fol. 300, diz que esta invenção foi usada pelos franceses em 1624, no sitio da Motta em Lorena; Guinard, que em 1634, os espanhóis, e os holandeses se serviram de bombas, e que Malto,

<sup>757</sup>ALPOIM, 1748, p.120.

engenheiro inglês, que passou da Holanda a França, ensinou o **uso desta horrível máquina** [o grifo é meu], e fez as primeiras baterias de morteiros no sítio de Collioure, em 1642; do que se seguiu, por muito tempo, se chamarem aos Bombeiros de Discípulos de Malto, ou Maltos [Francis Malthus]; foi morto no sítio de Gravelins, em 1658.

Da variedade de opiniões se vê que não se sabe o tempo certo. Porém, todos dão glória a Malto: leia-se Guinard Tom. 2.Liv. 4. Fol. 214. Dict. Mil. Fol. 54. Blondel Art. De Deit. Bomb. Cap. I. fol. 2.

Ainda que no tempo de Malto se conhecesse a linha que a bomba descreve [no ar], como ele mesmo diz, Prat. Da Guer. Cap. 17. Fol. 145; contudo os Bombeiros não saibam fazer uso dela, e só fazendo juízo do alvo estar mais ou menos longe, davam mais ou menos elevação ao Morteiro, conforme as experiências de cada um, assim se faziam os tiros, com mais ou menos acerto.<sup>758</sup>

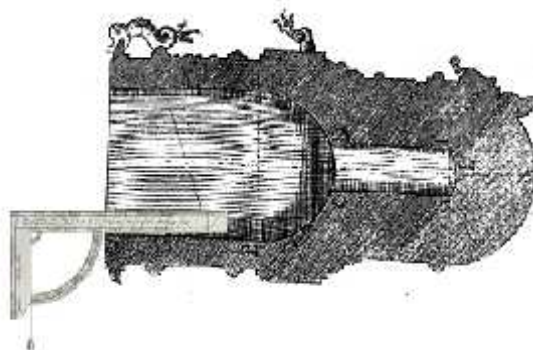
Nos morteiros em que se podia modificar a elevação, era comum manter-se a carga de pólvora constante. No entanto, nos morteiros que eram fundidos fixos na elevação de 45 graus, o alcance seria modificado alterando a carga de pólvora. A medida do ângulo de elevação do morteiro poderia ser feita com a *Nova Esquadra* ou com a *Esquadra Diretora*. A primeira, que assim foi denominada porque o seu uso era uma novidade entre os artilheiros portugueses, não era recomendada por Alpoim para medir elevações menores que 12 graus. As pequenas rugosidades da superfície da alma podiam dar diferentes inclinações ao braço de apoio da *Nova Esquadra* (Figura VIII-147), o que poderia causar erros na medida do ângulo de elevação da peça em até 2 graus. Quando os tiros se faziam com pequena inclinação, como nos tiros de chapeleta<sup>759</sup>, com elevação de 8 a 12 graus, um erro de 2 graus era relevante, e os tiros não seriam bons<sup>760</sup>. A *Esquadra Diretora* seria de melhor uso, principalmente porque ficava apoiada na boca da peça, e sua escala era grande, com um palmo de raio, e tinha o minuto como a menor divisão,

<sup>758</sup>ALPOIM, 1748, pp.142-143.

<sup>759</sup>Em 1697, Sébastien Le Preste de Vauban (1633-1707) inventou os tiros de chapeleta, chamados pelos franceses de *ricochet*. Os morteiros com carga de pólvora reduzida e pequena elevação, menores que 12 graus, lançavam bombas que passavam sobre os parapeitos e faziam vários saltos, ou chapeletas, até pararem ou explodirem. As impetuosas bombas destruíam tudo que encontravam no seu caminho (ALPOIM, 1748, p.218).

<sup>760</sup>A segunda razão que Alpoim usa para se opor ao uso das esquadras ordinárias é muito interessante, porque demonstra que ele sabia medir e considerar o que chamamos de erro relativo. Um erro de 2 graus em uma medida de 8 graus corresponderia a um erro de 25 por cento, que é um grande erro. No entanto, para um ângulo de elevação do morteiro de 45 graus, o mesmo erro de 2 graus corresponderia a um erro relativo menor que 5 por cento.

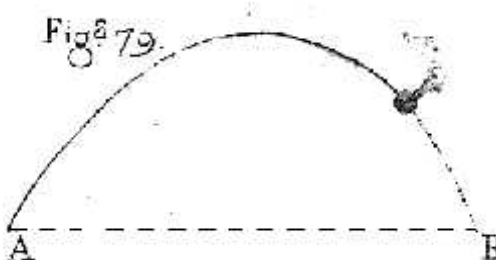
enquanto na *Nova Escala* a menor divisão era de um grau. Portanto, a medida do ângulo de elevação se faria com maior precisão utilizando a *Escala Diretora* (Figura VIII-146).



**Figura VIII-147:** Esquadra que se apoiava no interior da alma. (Figura montada pelo próprio autor considerando as imagens retiradas de ALPOIM, José Fernandes Pinto (1700-1765). *Exame de Bombeiros*, 1748. Cópia digital da obra, Biblioteca da Ajuda, Ministério da Cultura, Instituto Português do Patrimônio Arquitetônico, Palácio Nacional da Ajuda, Lisboa).

A elevação que se daria ao morteiro no primeiro tiro deveria ser eleita por algum critério que não se referisse a nenhum outro tiro. Os alvos poderiam estar acima, abaixo ou no mesmo nível horizontal da peça de artilharia. Para cada uma das três possibilidades, e mais uma quarta possibilidade, os *tiros mergulhantes*, Alpoim procurou estabelecer regras a fim de determinar a elevação do *tiro de norma*.

O primeiro caso que Alpoim<sup>761</sup> analisou foi com o morteiro no mesmo plano que o alvo, como mostra a Figura VIII-148, ao que chamava *bombardear horizontalmente*. O morteiro, em A, deveria receber a elevação de 20 graus<sup>762</sup>.

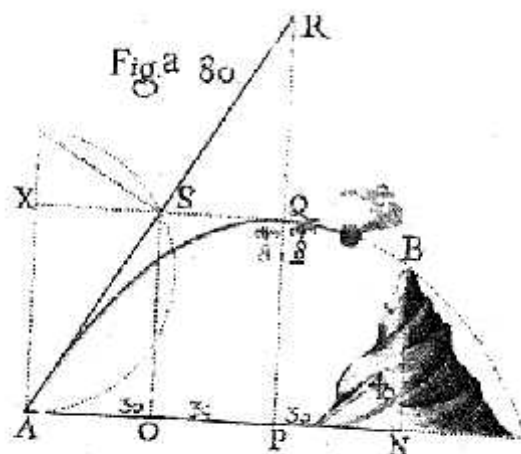


**Figura VIII-148:** *Bombardear horizontalmente*. (Fonte: ALPOIM, José Fernandes Pinto (1700-1765). *Exame de Bombeiros*, 1748. Cópia digital da obra, Biblioteca da Ajuda, Ministério da Cultura, Instituto Português do Patrimônio Arquitetônico, Palácio Nacional da Ajuda, Lisboa, Figura 79).

<sup>761</sup>ALPOIM, 1748, pp.179-180.

<sup>762</sup>Alpoim não apresentou no texto qualquer justificativa por ter escolhido a elevação com 20 graus no lugar de qualquer outro valor que poderia ter sido utilizado. Os procedimentos que apresentou para dar elevação à peça se justificam apenas como um primeiro tiro, a partir do qual se faziam as modificações necessárias.

O segundo é quando o morteiro está mais baixo que o alvo, denominado *bombardear verticalmente*, como mostra a Figura VIII-149.



**Figura VIII-149:** *Bombardear verticalmente*. (Fonte: ALPOIM, José Fernandes Pinto (1700-1765). *Exame de Bombeiros*, 1748. Cópia digital da obra, Biblioteca da Ajuda, Ministério da Cultura, Instituto Português do Patrimônio Arquitetônico, Palácio Nacional da Ajuda, Lisboa, Figura 80).

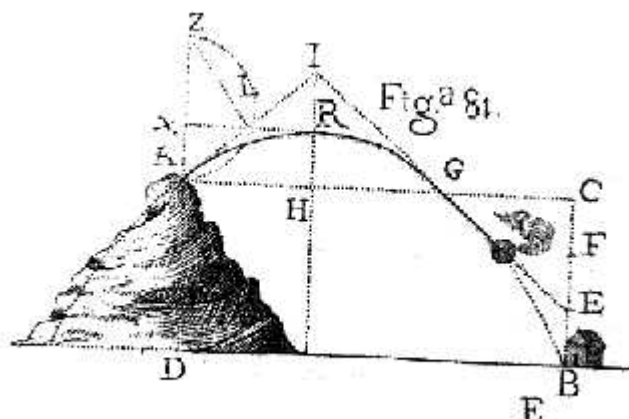
O método para determinar a elevação da peça é descrito, passo a passo, sem nada explicar da razão dos passos. Com as técnicas ensinadas de altimetria, o oficial bombeiro mediria a altura do alvo, BN, e com o uso da longimetria mediria o seu distanciamento horizontal, AN. Com as duas medidas de distância, Alpoim prosseguiu explicando a técnica:

A distância AN dividiremos em três partes iguais, AO, OP, PN; e do ponto P, segunda divisão, levantaremos sobre AN a perpendicular PR, **igual ao dobro de BN, e mais dois terços da mesma BN** [o grifo é meu], que chegará até R; e do ponto A ao ponto R tiraremos a reta AR; e temos o triângulo ARP, o ângulo RAP é igual ao da elevação que devemos dar ao morteiro, o mandaremos arrear, ou arvorar, até que o prumo nos mostre os graus do ângulo que achamos<sup>763,764</sup>.

A terceira forma de bombardear, chamada de *bombardear por baixo do horizonte*, é mostrada na Figura VIII-150.

<sup>763</sup>A trajetória não fica determinada apenas pelo ângulo de elevação da peça. Os diferentes valores de velocidade com que se poderia lançar uma bomba determinariam modificações na forma da trajetória.

<sup>764</sup>Como já tínhamos visto quando analisamos os *Discorsi*, Galileu determinava a direção da reta tangente em A unindo o ponto A ao ponto R (Figura VIII-149), tal que  $PR=2 \cdot PQ$ . No caso analisado, o alvo B não está no vértice da parábola, e Alpoim escolhe, sem dar a razão, uma parábola, entre muitas outras possíveis, tal que o alvo esteja a uma distância do morteiro, medida ao longo da horizontal, igual a  $\frac{3}{4}$  da amplitude da parábola. Para este ponto da parábola, que tem altura BN, teríamos  $PR=2 \cdot BN + \frac{2}{3} \cdot BN$ .



**Figura VIII-150:** Bombardear por baixo do horizonte. (Fonte: ALPOIM, José Fernandes Pinto (1700-1765). *Exame de Bombeiros*, 1748. Cópia digital da obra, Biblioteca da Ajuda, Ministério da Cultura, Instituto Português do Patrimônio Arquitetônico, Palácio Nacional da Ajuda, Lisboa, Figura 81).

Alpoim<sup>765</sup> considerava ser esta a melhor posição para se ter um morteiro, porque quanto mais subissem as bombas, maiores seriam os “pesos”<sup>766</sup> que traziam e faziam maior efeito. Para conhecer a elevação do morteiro, medir-se-ão as distâncias AC, igual a DB, e AD, igual a BC:

Dividimos CB em três partes iguais (BE, EF, FC), e a distância AC também em outras três partes iguais (CG, GH, HA). Tomando duas partes de C até E, na reta CB, e uma de C até G, na reta CA. Por estes pontos tiraremos a reta EG, produzida indefinidamente, e do ponto H se levanta uma perpendicular HI, que corte a reta EI, em I; e teremos no triângulo GHI o ângulo IGH igual ao da elevação que se deve lançar a bomba.

O quarto caso se refere ao *tiro mergulhante*, que corresponde a um alvo que esteja mais baixo que o morteiro, como quando do alto de uma torre, ou baluarte, se queira bombardear alojamentos e trincheiras, conforme Figura VIII-151. Neste caso serão necessárias as medidas de PB e AB, ou OP.

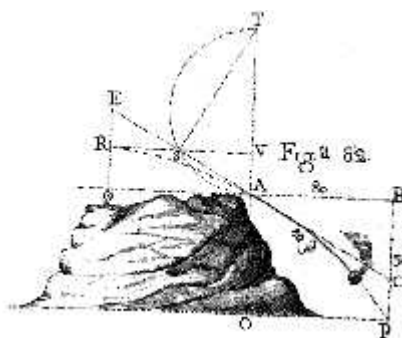
Divida-se a altura BP em três partes iguais, e tomemos duas partes de B, para C; do ponto C, pelo ponto A, em que está o morteiro, tiraremos a reta indefinida CAE, e ponhamos AE, igual a AC, e do ponto E abaixemos EQ, perpendicular à linha horizontal QB, e temos no triângulo EQA os ângulos QAE, e

<sup>765</sup>ALPOIM, 1748, p.181.

<sup>766</sup>O peso de uma bomba não muda durante a queda. Porém, o impacto da bomba contra o alvo poderá produzir uma força maior que o peso da bomba. O valor da força devido ao impacto não fica determinada apenas pelo valor da velocidade com que a bomba chega ao alvo, porque este será tanto maior quanto menor for o intervalo de tempo que dure a colisão, e menor o ângulo que a direção do movimento faz com a reta perpendicular à superfície no ponto do impacto. No final do Tratado dos Morteiros, Alpoim (1748, pp.229-233) fez algumas considerações sobre o que considerava ser “o peso” com que as bombas colidem contra o alvo.



BAC, iguais, e qualquer deles é igual ao da elevação buscada, ou ângulo que devo dar ao morteiro.



**Figura VIII-151:** *Tiros mergulhantes*. (Fonte: ALPOIM, José Fernandes Pinto (1700-1765). *Exame de Bombeiros*, 1748. Cópia digital da obra, Biblioteca da Ajuda, Ministério da Cultura, Instituto Português do Patrimônio Arquitetônico, Palácio Nacional da Ajuda, Lisboa, Figura 82).

O estudo necessário para melhor apontar os morteiros certamente levou Alpoim a um impasse. Não seria possível avançar com qualidade sem ensinar o que Galileu já tinha feito nos *Discorsi* havia mais de um século. Apesar de esta obra nunca ter sofrido a censura do Santo Ofício, mas sim o *Diálogo sobre os dois principais sistemas de mundo*, publicado em 1632, não se poderia desconsiderar que em Portugal o autor era visto como um homem condenado pela Inquisição. A citação de uma obra de Galileu sempre deveria causar desagrado aos censores do Santo Ofício, mesmo um século depois da condenação. No entanto, como já nos referimos acima, a necessidade de segurança do Estado e os conflitos nas fronteiras no sul do Brasil poderiam ter concorrido para que Alpoim recebesse a proteção de algum poderoso patrono que lhe ofereceu as garantias necessárias para entrar em rota de colisão com possíveis censores, qualquer que fosse sua natureza.

Na *Quarta Jornada dos Discorsi*, Problema V – Proposição XII, é proposto o cálculo das amplitudes [alcances] e alturas de projéteis lançados com o mesmo ímpeto e com diferentes inclinações. Os diferentes resultados foram organizados por Galileu na forma de tabelas, que Alpoim denominou *Taboadas de Galileu* (Figura VIII-152). Foi um ato digno de censura.

The image shows three tables from Galileo's 'Taboada de Galileu'. The top table, 'Taboada num. 1. das alturas das Tormentas', lists heights (Altezas das Tormentas) and corresponding distances (Altezas das Parabolizas). The middle table, 'Taboada num. 2. das tormentas, fôças sobre as bombas de chapeletas', details the range (Alcances) and number of ricochets (Chapeletas) for various mortar loads (Cargas) and elevations (Altezas). The bottom table, 'Taboada de Galileu Num. 1.', provides a reference for calculating other ranges based on the sine of the double arc (Senos do arco duplo).

68 4.298

68 6.947

**Figura VIII-152:** Três tabelas para uso dos bombeiros. A tabela I, **Taboada de Galileu**, fornece o alcance hipotético de referência para o cálculo de outros alcances em função do seno do arco duplo. A tabela II informa sobre o alcance e número de ricochetes que serão obtidos nos chamados *tiros de chapeletas para uma dada carga de pólvora e elevação do morteiro*. A tabela III, que também Alpoim retirou das *Duas Novas Ciências de Galileu*, servia para o cálculo da altura máxima alcançada por uma bomba, um valor utilizado para determinar a carga de pólvora necessária nos morteiros de inclinação fixa (Fonte: ALPOIM, José Fernandes Pinto (1700-1765). *Exame de Bombeiros*, 1748. Cópia digital da obra, Biblioteca da Ajuda, Ministério da Cultura, Instituto Português do Patrimônio Arquitetônico, Palácio Nacional da Ajuda, Lisboa).

Em *Exame de Bombeiros*, Alpoim em nenhum momento se referiu às complexas demonstrações que Galileu fez para obter os dados da tabela, mas apenas se apoderou dos resultados, afirmando que foi buscá-los na obra de François Blondel (1617-1688), intitulada *Arte de Deitar Bombas, Parte I, Capítulo 2, folha 4*, de onde retira o teorema:

Quando se atiram dois tiros com diferentes graus de elevação e **com a mesma carga e bomba** [o grifo é meu]: haverá a mesma razão do seno duplo do ângulo da primeira elevação, para o seno duplo do ângulo da segunda; como o alcance da primeira bomba, para o alcance da segunda; e vice versa: assim se há o primeiro alcance dado, para o segundo: ~~como o~~ seno duplo do ângulo da primeira elevação, para o ~~seno duplo da segunda~~<sup>767</sup>.

Considerando  $\alpha_1$  e  $\alpha_2$  os ângulos de elevação do morteiro, e  $A_1$  e  $A_2$  seus respectivos alcances, o texto do teorema pode ser assim enunciado<sup>768</sup>:

$$\frac{\text{sen}(2\alpha_1)}{\text{sen}(2\alpha_2)} = \frac{A_1}{A_2}$$

Ao apresentar o teorema, Alpoim informa que o obteve na obra de Blondel. No entanto, tal fato não o fez encobrir o seu verdadeiro autor, Galileu, assim como fez questão de evidenciar que não desconhecia que este era um autor condenado pela Inquisição<sup>769</sup>:

[...] Porém, o que eu acho útil aos práticos Bombeiros são as duas regras seguintes tiradas do mesmo teorema, e resolvidas pela tabuada, que fez Galileu, primeiro e principal matemático do Grão Duque da Toscana, e seu discípulo Evangelista Torricelli na segunda parte do seu livro, *Ciências Novas [Discorsi e Dimostrazioni Matematiche, intorno a due nuoue Scienze attenenti Allá Mecanica & Movimenti Locali]*, impresso em 1638, no qual os números que correspondem aos graus são seus senos duplos, a que pelo discurso adiante chamaremos *Alcance da Tabuada* [sic].

<sup>767</sup> ALPOIM, 1748, p.186.

<sup>768</sup> Como foi visto no capítulo IV:  $\frac{v_0^2 \text{sen}^2 \alpha}{g} = \frac{v_0^2}{g} = \text{constante}$ , o que nos permite concluir que o alcance é diretamente proporcional ao seno do arco duplo do ângulo de elevação do morteiro.

<sup>769</sup> ALPOIM, 1748, p.188.

As verdades da doutrina deste grande matemático confirmam as experiências feitas na Academia Real de Paris, em presença do *Delphin*<sup>770</sup>[sic].

[...] Devemos esta grande doutrina ao Conde de Noailles, Embaixador de Roma, na época em que Galileu estava preso pelo Santo Ofício por seguir nos seus Diálogos do Sistema do Mundo, **o movimento da Terra** [o grifo é meu], que Copérnico tinha ressuscitado dos antigos filósofos pitagóricos; e como o Conde, pela sua soltura, fez os seus bons ofícios. Em agradecimento, Galileu lhe ofereceu esta obra em manuscrito que se comunicou ao Mundo com tanta utilidade das artes. Blodel assim se refere, na Art deit. Bomb. Part. 3. Cap. I. fol.148.

Como afirmou Teresa Piva<sup>771</sup>:

Alpoim era um homem bastante instruído para a sua época e mesmo não tendo estudado fora de Portugal teve contato com diversas obras de artilharia e matemática de autores estrangeiros, como Galileu e Pierre Louis Moreau de Maupertuis (1698-1759), um dos primeiros franceses a declarar-se newtoniano no país de Descartes e que em 1732 introduziu na França a teoria gravitacional de Newton.

Ao considerarmos que Newton era um autor censurado em Portugal, e Galileu um condenado pelo Santo Ofício, não nos resta dúvida de que os censores da Inquisição, que controlavam os estrangeiros e os livros estrangeiros em Portugal, mostravam-se tolerantes ou não exerciam censura sobre as bibliotecas dos Regimentos.

Para que os bombeiros aprendessem a lançar uma bomba sobre um alvo, Alpoim os ensinava a usar a *Taboada de Galileu*. Um primeiro tiro deveria ser dado na direção do alvo, o *tiro de norma*, o tiro de referência, para o qual o bombeiro media o ângulo de elevação do morteiro e o alcance. Por exemplo, com o morteiro elevado de 15 graus obteve um alcance de 315 braças. Considerando que o alvo está a 405 braças, o bombeiro precisaria determinar qual deveria ser a nova elevação do morteiro para ferir o alvo utilizando a

---

<sup>770</sup>Delfim de França (*dauphin*) era o título do herdeiro aparente da coroa francesa durante as dinastias de Valois e Bourbon. Como afirmou Fortes, na França os membros da primeira nobreza eram educados nas Academias Militares, o que não ocorria em Portugal.

<sup>771</sup>PIVA, 2007, p.305.

mesma carga e bala do tiro de norma. O teorema que foi buscar em Blondel, estabelece<sup>772</sup>:

$$\frac{\text{sen } (2 \alpha_1)}{\text{sen } (2 \alpha_2)} = \frac{A_1}{A_2}$$

$$\frac{\text{sen } (2.15^\circ)}{\text{sen } (2 \alpha_2)} = \frac{315}{405}$$

$$\frac{5000}{x} = \frac{315}{405}$$

$$x = 6428$$

Com a resolução de uma simples regra de três se obtém o valor 6428. Com uma nova consulta à *Taboada de Galileu*, os ângulos cujos senos do seu arco duplo são iguais a 6428 terão 20 graus ou 70 graus, que seriam as duas elevações que poderiam ser dadas ao morteiro utilizando-se a mesma carga e bomba do *tiro de norma* para, assim, lançar a bomba no alvo a 405 braças.

Para os morteiros de elevação fixa, o alcance era modificado através da variação da carga de pólvora que se dava ao morteiro. Neste caso, para a correção do tiro de norma, havia uma regra<sup>773</sup>:

As cargas dos morteiros têm entre si a mesma razão que a raiz quadrada das suas linhas potenciais. Deider Mac. Ger. Liv. I. Prop. 101. Fol. 273.

$$\frac{\text{CARGA 1}}{\sqrt{LP_1}} = \frac{\text{CARGA 2}}{\sqrt{LP_2}}$$

A *linha potencial da parábola*, LP, como Alpoim a definiu no seu estudo da geometria da parábola, seria, na trajetória de uma bomba igual à altura máxima que a bomba alcançou, acrescida da quarta parte do *Parâmetro da Parábola*<sup>774</sup>:

$$LP = H_{\text{máx}} + \frac{P}{4}$$

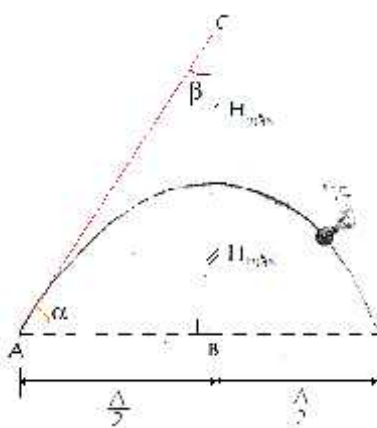
<sup>772</sup> Nos cálculos, vale lembrar que para determinar o valor do seno de um ângulo Alpoim utiliza uma circunferência de raio igual a 10.000. Portanto,  $\text{sen}30^\circ=5000$ .

<sup>773</sup>ALPOIM, 1748, p.209.

<sup>774</sup>A quarta parte do parâmetro da parábola é calculada pela expressão:  $\frac{P}{4} = \frac{\left(\frac{A}{4}\right)^2}{H_{\text{máx}}}$ .

A altura máxima que a bomba alcança na trajetória parabólica  $H_{m\acute{a}x}$  é determinada com dimensões dos catetos do triângulo retângulo ABC determinado no interior da trajetória (Figura VIII-153). A medida do cateto AB é metade do alcance, e do cateto BC é o dobro da altura máxima. A resolução do triângulo ABC, onde  $\alpha$  é o ângulo de elevação do morteiro, e  $\beta$  o seu complemento, será:

$$\frac{\text{sen } \alpha}{2 \cdot H_{m\acute{a}x}} = \frac{\text{sen } \beta}{\frac{A}{2}}$$



**Figura VIII-153:** Trajetória de uma bomba lançada no ponto A na direção da reta que passa pelos pontos AC. O triângulo ABC, determinado sobre a trajetória, permite o cálculo da altura máxima quando se conhece o alcance do tiro e o ângulo de elevação da peça do morteiro.

O estudo da cinemática dos projéteis no ar estava completo. Mas, como Galileu na Sexta Jornada dos *Discorsi*, Alpoim também procurou saber determinar a intensidade da força com que uma bomba feria o seu alvo, tema que muito interessava aos engenheiros militares. No final do Tratado dos Morteiros<sup>775</sup>, Alpoim questiona com quantas libras de peso uma bomba percute sobre o alvo. Para dar resposta, procurou recorrer ao que afirmou Belidor: “A velocidade dos corpos, quando descem, se exprime pela raiz quadrada da altura a que subirão”<sup>776,777</sup>. Trata-se de uma afirmação incorreta, porque a medida da velocidade com que um móvel chega ao solo em queda natural vertical, a partir do repouso, apenas corresponde à componente vertical da velocidade com que um projétil com trajetória parabólica chega ao solo. Com o

<sup>775</sup>ALPOIM, 1748, p.227.

<sup>776</sup>Belidor *Curc.Math. Cap. 2. Cor. 2. Prop. 3. Fo'. 414.*

<sup>777</sup>Na queda livre, a partir do repouso:  $v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$ .

valor da velocidade se calcula a quantidade de movimento, cuja definição Alpoim introduz na sua obra buscando o que disseram vários autores:

A força ou quantidade de movimento de um corpo é o produto da sua massa, isto é, do seu peso absoluto, pela velocidade (**Fortes Mec. Manuscrito**. Liv. 1. Cap. 3 [o grifo é meu<sup>778</sup>]; Belidor Curc. Meth. Prop. 2. Cor. I. fol. 405. Deider na sua Mec. Geral Cap. 1 Dif. 10. Fol. 2).

No texto acima, encontramos outro equívoco. A intensidade da força de percussão é igualada à quantidade de movimento, o que Alpoim transforma em regra<sup>779</sup>:

Se o peso absoluto da bomba se multiplicar pela raiz quadrada da altura que subiu, isto é, pela velocidade, o produto é o peso adquirido com que percute o alvo.

Assim sendo, para o bombeiro, conclui Alpoim, seria interessante saber calcular a altura máxima que ~~sobe a bomba antes~~ de colidir com o alvo. Para fazer este cálculo, Alpoim busca ~~outra regra na obra~~ de Deidier<sup>780</sup>:

$$\frac{A_1}{H_1} = \frac{\text{Alcance}_{bomba}}{H_{\text{máx}_{bomba}}}$$

O alcance  $A_1$  e a altura  $H_1$  serão calculados com o auxílio das Tabelas de Galileu, considerando o ângulo de elevação que se deu ao morteiro. O bombeiro, após medir o alcance da bomba, determina o valor da altura máxima, o que Alpoim ensina através de um exemplo<sup>781</sup>, um lançamento com inclinação de 68 graus, para o qual o bombeiro mediu um alcance de 240 braças:

Para 68 graus, na Tabela 1 (Figura VIII-152) se obtém um alcance de 6.947 e na tabela 3 uma altura máxima de 4298. Portanto:

$$\frac{6.947}{4.298} = \frac{240}{H_{\text{máx}_{bomba}}}$$

$$H_{\text{máx}_{bomba}} = 148 \text{ braças}$$

<sup>778</sup>Uma referência interessante: havia na época um manuscrito de Mecânica, escrito por Fortes.

<sup>779</sup>ALPOIM, 1748, p.227

<sup>780</sup>Na obra do jesuíta M. l' Abbé Deidier (1696-1746), professor de matemática na "Ecole d'Artillerie de La Fère", Alpoim foi buscar a regra: "Deidier, Mac. Geral Liv. I. Prop. 98. Cor. 4. Fol. 256; e Prop. 101. Fol. 271" (ALPOIM, 1748, p. 226).

<sup>781</sup>ALPOIM, 1748, p. 226.

Ao final do Tratado, Alpoim ensinou o que chamou “as vozes do manejo do morteiro”. Como já tinha feito no *Exame de Artilheiros*, também no *Exame de Bombeiros* ensinou a modernidade que Maurício de Nassau introduziu na Europa, aquela que disciplinava os movimentos dos soldados para que todos reagissem uníssonos à voz de comando. Os que serviam aos morteiros deveriam responder com prontidão aos comandos<sup>782</sup>:

1. Meter o diamante no ouvido.
2. Deitar pólvora na câmara.
3. Atacar.
4. Meter o taco, *id est* [isto é], deitar a terra, ou meter o taco de madeira, ou filásticas [fibras de ervas sem torcer].
5. Atacar.
6. Reconhecer se está bem atacada.
7. Deitar-lhe terra.
8. Fazer cama à bomba.
9. Trazer a bomba e a pôr no bocal do morteiro.
10. Metê-la dentro da alma.
11. Consertá-la.
12. Atacá-la em roda.
13. Dar elevação ao morteiro; pode ser enquanto está a prumo ou sem estar.
14. Tirar-lhe o diamante e tapar o ouvido [da peça].
15. Apontar o morteiro.
16. Escorvá-lo.
17. Desençoifar a espoleta.
18. Rascá-la [sic].
19. Escorvá-la.
20. Dar fogo à espoleta.
21. Dar fogo ao morteiro.
22. Limpar a câmara e ouvido.
23. Chegá-lo à bateria.
24. Pôr o morteiro a prumo; e continuar a bateria como acima, sendo necessário.

Os soldados bombeiros que se moviam como peças de uma máquina seriam mais eficientes. A disciplina militar lhes roubava o direito de decidir que

---

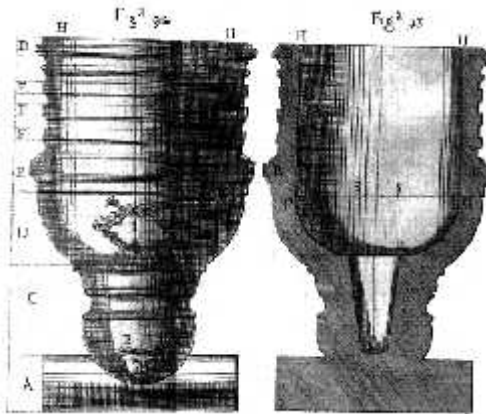
<sup>782</sup>ALPOIM, 1748, pp.233-234.



movimentos dariam aos próprios corpos, e roubava-lhes a alma. Do indivíduo-soldado procurava-se obter a total sujeição.<sup>783</sup>

### VIII.7 Tratado VI: Dos pedreiros

Em 1440 os turcos já faziam uso de pedreiros<sup>784</sup>, que eram armas semelhantes aos morteiros - Figura VIII-154. Com almas mais compridas e câmaras cônicas, os tiros dos pedreiros podiam alcançar até 360 braças. Apesar do nome que possuíam, não serviam apenas para lançar pedras. Também lançavam granadas e balas com fogos de artifícios.



**Figura VIII-154:** Pedreiros (Fonte: ALPOIM, José Fernandes Pinto (1700-1765). *Exame de Bombeiros*, 1748. Cópia digital da obra, Biblioteca da Ajuda, Ministério da Cultura, Instituto Português do Patrimônio Arquitetônico, Palácio Nacional da Ajuda, Lisboa, Figuras 92 e 93).

Quando os pedreiros lançavam pedras, acondicionavam-nas em cestos de vime, os *paneiros* - Figura VIII-155.

<sup>783</sup>BEBIANO, 2004, p. 143.

<sup>784</sup>ALPOIM, 1748, p.235.



**Figura VIII-155:** Cestos de vime usados para acondicionar as pedras que eram lançadas pelos pedreiros. (Fonte: ALPOIM, José Fernandes Pinto (1700-1765). *Exame de Bombeiros*, 1748. Cópia digital da obra, Biblioteca da Ajuda, Ministério da Cultura, Instituto Português do Patrimônio Arquitetônico, Palácio Nacional da Ajuda, Lisboa, Figuras 95).

Os soldados que andavam nas trincheiras à noite ficavam incomodados e aterrorizados quando os inimigos sobre eles lançavam pedras. Neste caso, era comum que utilizassem proteção para o corpo feita de vime - Figura VIII-156.



**Figura VIII-156:** Proteção da cabeça contra o impacto de pedra feita de vime que usavam os soldados nas trincheiras. (Fonte: ALPOIM, José Fernandes Pinto (1700-1765). *Exame de Bombeiros*, 1748. Cópia digital da obra, Biblioteca da Ajuda, Ministério da Cultura, Instituto Português do Patrimônio Arquitetônico, Palácio Nacional da Ajuda, Lisboa, Figura 96).

Os pedreiros eram apontados como os morteiros. Para que fossem mais eficientes, deveriam ser servidos por 3 soldados e 1 bombeiro, todos com seus movimentos disciplinados:

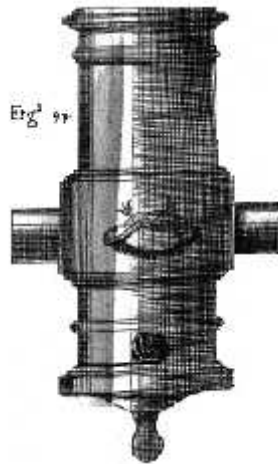
O soldado da esquerda buscava a pólvora, o da direita dá o taco, e o bombeiro ataca; o da esquerda coloca uma, ou duas pás de terra, o bombeiro faz a cama, o da direita dá o prato, (quando se usa dele) o bombeiro o assenta sobre a terra; então os dois da direita, e o da esquerda vão buscar o paneiro, ou saco (se for pesado se traz no carrinho) e o colocam na alma do pedreiro, ao que ajuda o bombeiro.

Assim Alpoim<sup>785</sup> termina o Tratado sobre os pedreiros.

<sup>785</sup>ALPOIM, 1748, pp.248-249.

## VIII.8 Tratado VII: Dos obus

Os antigos *Trabucos* são os Obus, uma espécie de artilharia curta que tendo a sua alma à maneira dos morteiros servia para lançar mitralhas, e bombas que iluminavam as brechas nas muralhas impedindo que o inimigo fizesse reparos durante a noite. Podiam ser montados sobre carretas e eram ótimos para lançar bombas como nos *tiros de chapeletas*<sup>786</sup> - Figura VIII-157.



**Figura VIII-157:**Obus (Fonte: ALPOIM, José Fernandes Pinto (1700-1765). *Exame de Bombeiros*, 1748. Cópia digital da obra, Biblioteca da Ajuda, Ministério da Cultura, Instituto Português do Patrimônio Arquitetônico, Palácio Nacional da Ajuda, Lisboa, Figura 97).

Vauban não aprovava o uso de Obus porque eram de pouca utilidade. Alpoim não concordava com tal opinião. A arma era demasiadamente pesada e difícil de manejar, mas boa para tiros de chapeleta, que lançam bombas inicialmente a 54 braças e seguem ricocheteando até 225 braças<sup>787</sup>. Na França, foram vistos pela primeira vez em 1693, mas foram os ingleses e os holandeses que os inventaram<sup>788</sup>. Para bem os servir, seriam necessários 4 soldados e 1 bombeiro. A carga e a pontaria se fazem da mesma forma que no morteiro.

<sup>786</sup>Sébastien Le Prestre (1633-1707), marquês de Vauban, é considerado por muitos autores o inventor desta técnica de tiro. No entanto, Alpoim afirma, a seguir, que são os ingleses e os holandeses os verdadeiros inventores.

<sup>787</sup>Na tabela número 2, da Figura VIII-152, estão as orientações para a produção de diversos *tiros de chapeleta*.

<sup>788</sup>ALPOIM, 1748, p.255.

### VIII.9 Tratado VIII: Dos petardos

Os Petardos eram bombas com a forma de cones truncados que deveriam ser transportados pelos bombeiros e fixados em portas ou pontes que iriam explodir (Figura VIII-158).

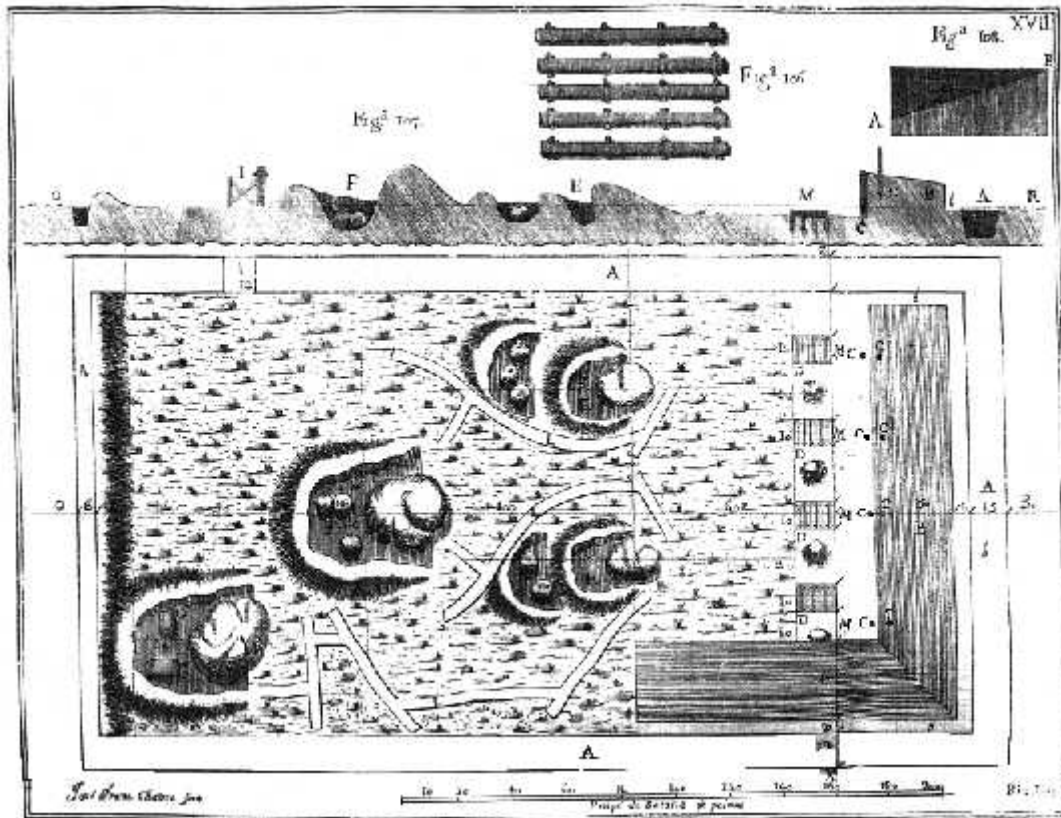


**Figura VIII-158:** Petardos (Fonte: ALPOIM, José Fernandes Pinto (1700-1765). *Exame de Bombeiros*, 1748. Cópia digital da obra, Biblioteca da Ajuda, Ministério da Cultura, Instituto Português do Patrimônio Arquitetônico, Palácio Nacional da Ajuda, Lisboa, Figuras 99).

Os Petardos foram muito usados a partir de 1579. No entanto, em 1689 os franceses já não faziam mais uso deles. Para fixá-los às portas, pontes e muralhas, um soldado, o petardeiro, deveria aceitar a perigosa missão que o colocaria exposto ao fogo do inimigo, o que geralmente fazia em troca de um vultoso prêmio em dinheiro. O petardeiro, acompanhado de 10 soldados e um cabo, durante a noite transportava para o local indicado todo o necessário. Mas era comum não retornar da missão.

### VIII.10 Tratado IX: Das baterias

As baterias eram locais próprios para se posicionar a artilharia que seria utilizada contra uma Praça ou trincheira. Os morteiros, os pedreiros e a artilharia não ficavam diretamente sobre o solo. As peças eram colocadas sobre plataformas de madeira para que ficassem niveladas (Figura VIII-159).



**Figura VIII-159:** Bateria (Fonte: ALPOIM, José Fernandes Pinto (1700-1765). *Exame de Bombeiros*, 1748. Cópia digital da obra, Biblioteca da Ajuda, Ministério da Cultura, Instituto Português do Patrimônio Arquitetônico, Palácio Nacional da Ajuda, Lisboa, Figuras 106,107, 108).

Os parapeitos precisavam ser espessos para absorver o impacto das bombas e balas inimigas lançadas como tiros de chapeletas. Para endereçar as pontarias, como já afirmamos anteriormente (Figura VIII-145), eram utilizados dois meios piques a prumo (letra C na figura VIII-159), bem orientados com o alvo, como ensinou Fortes em *O Engenheiro Português*<sup>789</sup>. No interior das baterias existiam armazéns que serviam para guardar a pólvora e a munição, as quais eram protegidas com parapeitos e grossos pranchões cobertos de terra.

O engenheiro militar, ou o oficial bombeiro, durante o dia deveria eleger o melhor lugar para se construir uma bateria, o que seria feito à noite.

<sup>789</sup>ALPOIM, 1748, p.289.

### VIII.11 Apêndice I: Do método mais fácil de contar as bombas e balas na pilha.

As balas eram empilhadas em forma piramidal para que ocupassem menos terreno. Para saber quantas balas compõem uma pilha, Alpoim afirma que já se haviam achado várias regras, expostas no *Exame de Artilheiros*<sup>790</sup>. No entanto, após a publicação desta obra, ele inventou outras mais fáceis, que neste apêndice apresenta como regras, sem lhes dar fundamentos matemáticos<sup>791</sup>:

I.

Se ao número das balas dadas no lado da pilha se lhe juntar a unidade, e a esta soma se multiplicar por metade do número das balas do dito lado, o produto será as balas da face triangular.<sup>792</sup>

II.

Se ao número das balas da face triangular se multiplicar pelo terço da soma das mesmas balas do lado, mais duas, este produto será as balas que contém a pilha triangular.<sup>793</sup>

III.

Se ao dobro do número de balas da pilha triangular se diminuir as que contém a face triangular, o resto é o número da pilha quadrangular que tem as mesmas balas de lado.

IV.

Se ao número da pilha quadrangular juntar tantas faces triangulares quantas forem as balas em que acabar a pilha, menos uma, a soma dá as balas da pilha retangular.<sup>794</sup>

<sup>790</sup>Como foi analisado no capítulo anterior, algumas das diferentes “regras” para calcular o número de balas contidas em uma pilha eram na verdade diferentes formas de escrever uma mesma equação.

<sup>791</sup>Uma análise das Regras utilizadas por Alpoim neste apêndice também foi desenvolvida pela pesquisadora Teresa C. C. Piva em sua Tese de doutoramento *O Brigadeiro Alpoim: Um politécnico no cenário luso-brasileiro do século XVIII*. Tese apresentada ao Programa de História das Ciências e das Técnicas e Espistemologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro para obtenção do título de Doutor em Ciências. Orientador: Carlos Alberto Lombardo Filgueiras, Brasil, 2007, pp.280-284

<sup>792</sup>Esta regra para calcular o número de balas na face triangular da pirâmide já tinha sido enunciada no *Exame de Artilheiros* (ALPOIM, 1744, p. 202):  $n = (a + 1) \cdot \frac{a}{2}$ .

<sup>793</sup>(ALPOIM, 1744, p. 203):  $N = \frac{(a+2)}{3} \cdot n$ .

<sup>794</sup>(ALPOIM, 1744, p. 334).

A Regra III seria o que Alpoim considerou uma nova maneira de calcular o número de balas que compõem uma pirâmide de base quadrada,  $N'$ , em função do número de balas de uma pirâmide de base triangular,  $N$ , considerando que ambas possuem a mesma quantidade de balas em suas faces triangulares,  $n$ , logo têm em cada aresta a mesma quantidade de balas,  $a$ . A Regra III, enunciada através de uma equação algébrica, seria:<sup>795</sup>

$$N' = 2N - n \quad (I)$$

Nesta equação (I), substituindo as equações que correspondem ao cálculo de  $N$  e  $n$ , que foram apresentadas no capítulo anterior, virá:

$$N' = 2 \cdot \left[ \left( \frac{a+1}{3} \right) n \right] - n .$$

$$N' = \frac{2a^3 + 3 \cdot a^2 + a}{6} \quad (II)$$

A equação (II) equivale àquela apresentada no *Exame de Artilheiros*. Portanto, novamente, o que Alpoim considera uma “nova Regra” é, na verdade, um novo enunciado para a regra antiga.

### **VIII.12 Apêndice II: Do método de achar o lado, para formar as pilhas triangulares, ou quadrangulares, dado o número de balas.**

O apêndice II é o oposto do apêndice I, e nada semelhante foi apresentado no Exame de Artilheiros. Nas palavras de Alpoim, parecia-lhe que estava sendo o primeiro<sup>796</sup>. Enquanto no apêndice I as regras tinham por objetivo determinar o número de balas que compõem uma determinada pirâmide, neste se pretende o inverso, determinar a pirâmide que contém determinada quantidade de balas. Novamente, o nosso autor tudo apresenta

<sup>795</sup> Como já foi comentado no capítulo anterior, Alpoim não escreve as equações algébricas que correspondem às Regras. No entanto, se as utilizamos, ficará mais fácil concluir que as “novas Regras” são equivalentes às “antigas” e que apenas estão enunciadas de uma forma diferente.

<sup>796</sup> ALPOIM, 1748, p.303.

como regras, o que dá ao seu texto a característica de um manual e não de um verdadeiro texto acadêmico.<sup>797</sup>

Para as *pirâmides de base triangular*, ensina Alpoim<sup>798</sup>:

O número das balas dadas, se multiplique por 6, de cujo produto tiraremos a raiz cúbica; e se o resto for igual ao triplo do quadrado da raiz achada, e mais o dobro da mesma raiz; a tal raiz achada é o lado justo da pilha; e sendo o resto menor que o triplo do quadrado, mais o dobro da raiz, **o lado da pilha** [o grifo é meu] será o mais próximo menor à raiz achada, isto é, será menos a unidade [sic].

O texto não torna fácil o entendimento da Regra que permite determinar o valor mínimo de balas que deverá ter a aresta da pirâmide. Para que fique mais claro, será necessário que vejamos como Alpoim desenvolve um exemplo. A sua proposta é empilhar 165 balas formando uma pirâmide de base triangular. Primeiro, determina a raiz cúbica do sêxtuplo do número de balas,  $N$ :

$$x = \sqrt[3]{N \cdot 6}$$

$$a = \sqrt[3]{N \cdot 6} = \sqrt[3]{165 \cdot 6} = \sqrt[3]{990} \quad [a = 9,9966]$$

Do valor da raiz,  $a$ , apenas considera a parte inteira,  $b$ , cujo cubo identificaremos pela letra  $c$ :

$$b = 9$$

$$c = b^3 = 9^3 = 729$$

Como do valor da raiz,  $a$ , apenas tomou a parte inteira,  $b$ , teremos:

$$a^3 > b^3$$

A diferença entre  $a^3$  e  $b^3$  é o que Alpoim denomina “resto”,  $d$ :

$$d = a^3 - b^3$$

$$d = 990 - 729 = 261$$

Então ele afirma:

<sup>797</sup>Não serão desenvolvidas demonstrações para as equações que Alpoim toma como regras porque está além do escopo desta Tese.

<sup>798</sup>ALPOIM, 1748, pp.303-304.



Como o resto  $[d]$  é igual [o grifo é meu] ao triplo do quadrado da raiz achada e mais o dobro da mesma raiz  $[3.b^2+2b]$ ,  $[b]$  é o valor justo da pilha;[...]

Teremos,

$$d' = 3.b^2 + 2.b = 3.9^2 + 2.9 = 261$$

O autor conclui, sem explicar a razão, que o valor de  $b$  é o valor do número de balas que deverá ter a aresta da pirâmide. Com o empilhamento de 165 balas, poderá construir uma pirâmide de base triangular com 9 balas em cada aresta. Mas não será possível empilhar sem deixar resto qualquer quantidade de balas. Para exemplificar, propõe o empilhamento de 160 balas na forma de uma pirâmide de base triangular:

$$a = \sqrt[3]{N.6} = \sqrt[3]{160.6} = 9 \quad [a = 9,8648]$$

$$\therefore b = 9$$

$$c = b^3 = 9^3 = 729$$

$$d = a^3 - b^3 = 960 - 729 = 231$$

Neste caso, informa que sendo o resto  $d$  menor que  $d'$ , a pirâmide deverá ter em cada aresta um número de bala igual a:  $b - 1$ , isto é, 8 balas. Em uma pirâmide de base triangular com 8 balas em cada aresta, empilharemos apenas 120 balas. Portanto, neste caso, 40 balas ficarão de fora.

Para terminar o apêndice, Alpoim apresenta o método para determinar o número de balas da aresta em empilhamentos com a forma de pirâmides de base quadrada.

O número de balas dadas  $[N]$ , se multiplique por 3  $[3N]$ , e deste produto tiraremos a raiz cúbica  $[a = \sqrt[3]{3N}]$ ; se o resto  $[d = a^3 - b^3]$  for igual ao sêxtuplo do quadrado da raiz achada, e mais o dobro da mesma raiz: tudo dividido por 4  $[d = \frac{6b^2 + 2b}{4}]$ , ou a quarta parte da soma de seis vezes o quadrado da raiz achada junta com o dobro da mesma raiz; ou mais fácil se o quádruplo do resto for igual a 6 quadrados da mesma raiz, mais o dobro da dita  $[4d = b^2 + 2.b]$ ; este  $[b]$  será o lado justo, para a pilha quadrangular; se o resto for menor, o lado da pilha será o número próximo menor da raiz achada  $[b - 1]$ .

Como exemplo, Alpoim considera o empilhamento de 285 balas formando uma pirâmide de base quadrada:

$$a = \sqrt[3]{3N} = \sqrt[3]{3 \cdot 285} \quad 9,49 \quad b = 9$$

$$d = a^3 - b^3 = 855 - 729 = 126$$

$$d' = \frac{6b^2 + 2b}{4} = \frac{6 \cdot 9^2 + 2 \cdot 9}{4} = 126 \quad (d' = d)$$

Com  $d'=d$ , a pirâmide de base quadrangular deverá ter na aresta 9 balas e não deixará resto.

Mas se pretendemos empilhar 280 balas, teremos:

$$a = \sqrt[3]{3N} = \sqrt[3]{3 \cdot 280} \quad 9,43 \quad b = 9$$

$$d = a^3 - b^3 = 840 - 729 = 111$$

$$d' = \frac{6b^2 + 2b}{4} = \frac{6 \cdot 9^2 + 2 \cdot 9}{4} = 126 \quad (d < d')$$

Com  $d' < d$ , a pirâmide de base quadrangular deverá ter na aresta 8 balas e apenas se empilhará um total de balas determinado por:

$$N' = \frac{2 \cdot 8^3 + 3 \cdot 8^2 + 8}{6} = 204$$

Como tínhamos 280 balas para empilhar, do total ainda restarão 76 balas fora da pilha. Mas uma camada a mais que se coloque na pirâmide será uma face triangular de aresta igual a 8, que conterà 36 balas ( $n = (a + 1) \cdot \frac{a}{2} = (8 + 1) \cdot \frac{8}{2} = 36$ ). Portanto, com as 76 balas restantes, poderemos acrescentar duas camadas de 36 balas à pirâmide de base quadrangular, transformando-a em uma pirâmide de base retangular, e apenas sobrarão 4 balas.

### **VIII.13 Tratado X: Da pirobolia militar ou fogos artificiais da guerra.**

Em 1679, o Príncipe Regente D. Pedro permitiu que Carlos de Sousa Azevedo abrisse uma nova fábrica de pólvora, em Alcântara, com a garantia de que este restauraria a Fábrica Real de Pólvora em Barcarena. Em 1687, Azevedo assinou um novo contrato, pelo qual se comprometia a produzir anualmente 120 toneladas de pólvora durante 12 anos. Em 1690, apesar de já estar em funcionamento a fábrica de Alcântara com cinco moinhos de pilões, a supremacia na produção de pólvora ainda pertencia à fábrica de Barcarena, a qual passou a ser referida como a *Real Fábrica de Pólvora*. Mas o interesse pela produção de pólvora em Portugal foi se perdendo, e no ano de 1695, as fábricas de Barcarena e Alcântara foram abandonadas. Em 8 de dezembro de 1725, após três décadas de abandono das fábricas de pólvora, tornou a surgir um novo empreendedor em Portugal, o holandês Antonio Cremer<sup>799</sup>, que repôs em funcionamento a Real Fábrica de Barcarena e a Fábrica de Alcântara. Em março de 1726, Cremer recebeu a autorização para importar novos moinhos de capacidade superior aos que até então tinham sido utilizados e prometia em cada ano converter 120 toneladas de salitre em pólvora. Os novos moinhos não poderiam ser copiados e utilizados por qualquer outro produtor de pólvora, e quem o fizesse teria seu equipamento confiscado. Esta cláusula do contrato dava a Cremer o monopólio da produção de pólvora. Os novos avanços tecnológicos promovidos por Cremer no processo de fabricação da pólvora lhe garantiram o título de *Intendente das Fábricas Reais*. Os moinhos de galga eram utilizados nas fábricas no lugar dos que utilizavam pilões porque eram considerados mais eficientes e apresentavam um menor risco de produzir faíscas e as consequentes explosões. Nas fábricas havia quatro moinhos e cada um deles possuía duas rodas de pedra calcária que giravam presas a um mesmo eixo sobre mesas horizontais de pedra calcária, uma técnica similar à que foi introduzida pelo arquiteto italiano Turriano nos moinhos de Barcarena, em 1619, quando dirigiu a reforma da fábrica encomendada por Filipe III

---

<sup>799</sup>Nas tropas de mercenários estrangeiros havia sempre quem intermediasse as negociações, e que seria o encarregado do pagamento dos soldos. Antonio Cremer exerceu esta função quando tropas mercenárias alemãs serviram em Portugal (QUINTELA, CARDOSO, MASCARENHAS, 2006, p.128).

(Espanha). Os novos moinhos funcionavam de forma segura e eficiente<sup>800</sup>. Em 1729, em *O Engenheiro Português*, Fortes já afirmava que a melhor pólvora da Europa era produzida em Portugal<sup>801</sup>. Portanto, em 1748, quando Alpoim escreveu *Exame de Bombeiros*, a produção de pólvora nas fábricas de Alcântara e Barcarena havia sido retomada havia duas décadas. No entanto, Portugal, sem fontes naturais de salitre, com pequena dimensão territorial e população reduzida, nunca poderia ter uma produção suficiente de material orgânico capaz de manter em salitreiras uma produção de salitre capaz de suprir suas necessidades durante uma guerra. A cada tiro de canhão, segundo Alpoim, se consumiriam até  $\frac{2}{3}$  do peso da bala em pólvora, dos quais  $\frac{3}{4}$  corresponderiam ao peso do salitre. Nas colônias, por segurança, a Metrópole sempre deveria manter o monopólio da produção de pólvora. No Brasil, para onde Alpoim foi transferido em 1738, em Salvador, a pólvora foi mantida como monopólio da Coroa e produzida na *Casa da Pólvora* até 1731. Na região das Minas Gerais havia produção de salitre, o que certamente pode ter feito surgirem pequenas oficinas para produzir pólvora de forma clandestina, mas que não atendiam às necessidades da região<sup>802</sup>, que precisava importar pólvora através do porto do Rio de Janeiro<sup>803</sup>. Em Vila Rica de Ouro Preto (Minas Gerais), no século XVIII, pode ter existido uma Fábrica de Pólvora, considerando que, em 1801, Manuel Jacinto Nogueira da Gama era apontado como o chefe inspetor das oficinas que produziam pólvora e salitre<sup>804</sup>.

Ao escrever o Tratado X, Alpoim procurou dar ao futuro artilheiro os saberes necessários para que bem servissem ao rei, mesmo em condições precárias, nas quais seria necessário que soubessem não apenas fabricar pólvora nova, mas também recuperar a velha. No texto, Alpoim demonstrou que tinha qualidades além das que se esperavam normalmente de um bom

---

<sup>800</sup>Por cerca de dois séculos, os moinhos implantados nas fábricas de pólvora por Antonio Cremer estiveram em funcionamento. Apenas em 1925 foram desativados (QUINTELA, CARDOSO, 2006, p.131).

<sup>801</sup>FORTES, 1993, p.451.

<sup>802</sup>A pólvora era de importância capital na atividade militar, mas também o seria na atividade mineradora da época, sobretudo depois da exaustão do ouro de aluvião. Na segunda metade do século XVIII, ela era fabricada na Capitania de Minas Gerais, como mostram documentos da época, em que se evidencia a importação de salitre e enxofre pela Câmara de Vila Rica (PIVA, FILGUEIRAS, 2008.).

<sup>803</sup>MASCARENHAS, 2006, p.190.

<sup>804</sup>VITERBO, 1896, pp.349-350.

engenheiro militar ou oficial da Artilharia. Ele demonstrou ser um excelente *polvarista*, não apenas um prático, mas alguém que também conhecia a Química praticada em sua época<sup>805</sup>. Para dar início ao tratado, Alpoim pergunta: “Que são fogos artificiais?” Alpoim não define *fogo artificial* como uma determinada espécie de fogo distinto do natural<sup>806</sup>. Para Alpoim, *fogo artificial* era o nome de várias *máquinas* que se usavam na guerra com diferentes fins, como o de incendiar e produzir terror. Esses fogos eram compostos por vários óleos, resinas e outras substâncias que se inflamavam com facilidade. No entanto, ele afirma que nos fogos de guerra o salitre, o enxofre, o carvão e a pólvora eram componentes essenciais e, por esta razão, inicia o Tratado fazendo a análise de cada um deles separadamente.

Que é salitre?

Salitre, não é outra coisa mais que um sal misturado de muito ar sutil, cujas partículas são voláteis e elásticas, que lhe provém, e da sua mesma natureza.<sup>807</sup>

As pedras deste sal eram encontradas em cavernas úmidas; paredes velhas demolidas; em pedras expostas muito tempo ao ar; nas cortes de gado, ou currais, onde se forma pela superabundância de urina; ou em certos tipos de terra. Para reconhecer as terras que tinham salitre, ensina:

[...] pondo-a sobre a língua; se tem pico, como o sal; e se a resfria, é sinal evidente de haver salitre; ou lançando-a sobre brasas vivas; se espirrar, como faz o sal, tem a terra salitre. Também se conhece [a terra que possui salitre] fazendo-lhe um furo com um ferro frio; pondo-o em brasa, o recolocamos no furo até esfriar: havendo salitre na terra, este vem pegado ao ferro.<sup>808</sup>

O salitre era o principal constituinte da pólvora, porém escasso na maioria das nações da Europa. Portanto, era de grande importância ensinar ao

<sup>805</sup>PIVA, FILGUEIRAS, 2008.

<sup>806</sup>Em *Recreação Filozoficae nas Cartas Fysico-Mathematicas* [sic], segundo Décio Ruivo Martins, Teodoro de Almeida (1722-1804) informa que “os filósofos antigos subdividiam os compostos em artificiais e naturais. Os artificiais seriam aqueles compostos obtidos através de uma arte como, por exemplo, uma obra de ourives. As pedras, árvores, animais etc., cuja matéria e forma fossem dadas pela natureza, eram os designados compostos naturais” (MARTINS, D. R., 1997, p. 122).

<sup>807</sup>ALPOIM, 1748, p.303.

<sup>808</sup>ALPOIM, 1748, p.309.

artilheiro como identificá-lo, coletá-lo e purificá-lo, o que Alpoim procura fazer através de um longo texto que se estende por seis páginas<sup>809</sup>.

Para saber avaliar o salitre, após a sua purificação, ensinou a colocá-lo em pó sobre uma tábua, onde lhe dá fogo:

[...] se queimando espirrar, é sinal que tem muito sal; se não levanta a chama e ferve, é sinal que tem muito óleo; se depois de queimado deixa escória, ainda tem muita matéria terrestre. Porém, se queimando levanta a chama com velocidade e deixa uma mancha branca, que provém do sal fixo, é uma evidência de que está bem purificado, não só do óleo, mas também do sal, que lhe impede sua atividade<sup>810</sup>.

Alpoim afirma, ainda, que o salitre purificado servia para fabricar massas que queimam com violência, inclusive debaixo da água. Na forma bruta, ainda por refinar, servia para produzir fogos lentos.<sup>811</sup> Para fazê-lo em pó, para que sirva para fabricar fogos artificiais, ensina que primeiro se deve colocá-lo para secar na caldeira, sobre o fogo brando do carvão, sempre o remexendo até que ele ficasse perfeitamente branco. Em seguida, se deve derramar água clara sobre ele e continuar remexendo até que esteja tudo com a consistência de um licor grosso. Por último, em fogo violento, deveremos prosseguir remexendo-o com uma espátula de madeira, sem o deixar ferver, até que se torne um pó branquíssimo, que deverá ser peneirado.

Que é enxofre?

Enxofre é um betume mineral e inflamável, cuja chama é azulada. Porém, misturado com salitre, se faz branca.<sup>812</sup>

O enxofre era encontrado em muitas partes da Europa, como na Polônia, no Monte Vesúvio, em Nápoles e na Sicília. Para purificá-lo, ensina Alpoim:

Funde-se o enxofre, que se quer purificar, e depois se espuma, com espumadeira, tirando-lhe as viscosidades, que sobrenadam, e depois de bem limpo se cõa com um pano, em outro vaso, e o que sair é enxofre puro, ficando muito amarelo, e com cheiro forte.<sup>813</sup>

<sup>809</sup>ALPOIM, 1748, pp.309-314.

<sup>810</sup>ALPOIM, 1748, p.314.

<sup>811</sup>ALPOIM, 1748, p.314.

<sup>812</sup>ALPOIM, 1748, p.315.

<sup>813</sup>ALPOIM, 1748, p.316.

O carvão vegetal, o terceiro componente principal da pólvora, deveria ser feito com madeira leve, como a do salgueiro, videiras novas, loureiros, entre outras. A madeira deveria ser obtida do corte dos ramos novos entre maio e junho<sup>814</sup>, quando as árvores largam a casca. O que Alpoim sugere para a produção de carvão é a queima dos pequenos pedaços de madeira em uma cova até que se obtenham brasas vivas, as quais serão cobertas de terra para que possam “recozer”. Esta técnica de produzir carvão é semelhante àquela apresentada por Biringuccio<sup>815</sup>, em 1540, na *Pitotechnia*, a qual era usual em Portugal<sup>816</sup>.

Que é pólvora?

É uma composição de salitre, enxofre e carvão.<sup>817</sup>

A melhor composição da pólvora, informa, era feita com  $76\frac{1}{2}$  partes de salitre,  $12\frac{1}{2}$  de enxofre e  $12\frac{1}{2}$  de carvão<sup>818</sup>. No entanto, como afirma Alpoim<sup>819</sup>, “com pouca diferença” da melhor composição, para o artilheiro prático, seria mais fácil compor a pólvora com partes inteiras: seis partes de salitre, uma parte de enxofre e uma parte de carvão (6:1:1).

Para moer os ingredientes da pólvora, Alpoim se refere ao uso do moinho de galga, que diz ser semelhante ao que era utilizado para moer as azeitonas<sup>820</sup>.

O moinho em que se moem estes ingredientes é como o de moer sumagre, ou azeitona, cuja mó, ou galga, é de pedra tal, que, movendo-se sobre outra, **não fere fogo** [o grifo é meu].

<sup>814</sup>Ao se referir aos meses de maio e junho, o autor se refere à melhor época no hemisfério norte, apesar de ter escrito o texto no hemisfério sul.

<sup>815</sup>BIRINGUCCIO, 1966, p.177.

<sup>816</sup>Nas primeiras décadas do século XX, meus pais, no norte de Portugal, na Freguesia de Aboim da Nóbrega, que pertence ao Concelho de Vila Verde, Distrito de Braga, ainda produziam carvão para o consumo doméstico utilizando esta técnica.

<sup>817</sup>ALPOIM, 1748, p.319.

<sup>818</sup>A melhor composição, segundo Alpoim, corresponde a 75,4% de salitre ( $76\frac{1}{2}$  de  $\frac{203}{2}$ ), 12,3% ( $12\frac{1}{2}$  de  $\frac{203}{2}$ ) de enxofre 12,3% de carvão, que muito se assemelha à composição que era utilizada na artilharia da Inglaterra em 1742: 75%, 12,5%, 12,5%, conforme mostra a Tabela II-1, capítulo II (ÁGOSTON, 2009, p. 156), que corresponde a composição sugerida por Alpoim aos artilheiros (6:1:1).

<sup>819</sup>ALPOIM, 1748, p.319.

<sup>820</sup>ALPOIM, 1748, p.320.

No texto, não há qualquer referência aos moinhos que usam o *pilão* para socar os três ingredientes no interior do *almofariz*, ou *mortar*. O processo de incorporação dos três elementos, segundo o autor, levava 24 horas no moinho de galga, durante o qual, de tempo em tempo se borrifava água para melhor se incorporarem, uns com os outros, fazendo um corpo, e massa. Alpoim não comenta o uso da água como atenuador do perigo de explosão durante o processo de incorporação. A massa resultante é feita em grãos após ser pressionada para que passe através de orifícios, que são postos a secar sobre tabuleiros no Sol. Para produzir pólvora que queime sob a água, afirma que seria necessário acrescentar doses iguais de cal virgem e enxofre na sua composição<sup>821,822</sup>.

O que fazer quando se está sitiado, e a pólvora acabou? Como será possível fazer pólvora com brevidade? Um bom artilheiro, preparado para dar remédio aos problemas que surgem quando se trabalha em condições não ideais, deveria saber dar resposta a essas perguntas. Neste caso, ensinou Alpoim que o artilheiro deveria fazer uso de uma grande panela, onde colocará salitre, enxofre e carvão, considerando as devidas proporções. A seguir, com água, acabará de encher a panela e tudo deverá ser aquecido em fogo brando até que a água tenha evaporado. A massa grossa resultante levará ao *Granador*<sup>823</sup>. Para secar os grãos de pólvora rapidamente, sugere que estes podem ser colocados em um *alguidar* que flutua sobre a água quente de outro *alguidar*<sup>824</sup>. A pólvora que se assim se faz, afirma, não é tão ativa, mas serve para ser utilizada em caso de extrema necessidade.

Como se pode avaliar a qualidade de uma pólvora? No caso de *não ser boa*, como se determina o que tem de ruim? As boas e más qualidades da pólvora, ensina, são percebidas pela vista, pelo tato e pelo fogo<sup>825</sup>.

---

<sup>821</sup>ALPOIM, 1748, p.320.

<sup>822</sup>Neste caso, segundo PIVA e FILGUEIRAS, a cal viva, ao se hidratar, irá liberar uma grande quantidade de calor, o que inflamará a pólvora (PIVA; FILGUEIRAS, 2008).

<sup>823</sup>ALPOIM, 1748, p.321, *Apud: Ozan, Recreaç. Mathem.Tom. 3, Probl. 1, fol.12.* [M. Ozanam. Récréations Mathématiques].

<sup>824</sup>ALPOIM, 1748, p.321, *Apud: Colado. Prat. Man. Da Art. Trat.4 Cap. 32, fol. 79*

<sup>825</sup>ALPOIM, 1748, p.321, *Apud: Ozan, Recreaç..Mathem.Tom. 3. Probl. 4. fol. 24 e Gerônimo Caetano, Exame de Bombeiro, fol. 24.*



- Pela vista [cor]: se for azulada, é boa; se negra, tem muita umidade ou muito carvão, o que se verifica arrastando-a sobre um papel branco que fica negro; se brilhar ao sol, é que o salitre foi mal misturado, moído e unido [incorporado] aos mais simples [enxofre e carvão].
- Pelo tato: se apertada contra os dedos se desfaz com facilidade é porque tem muito carvão; se com os dedos a comprimimos contra uma tábua e assim procedendo percebemos que a pólvora contém grãos duros que picam os dedos, é porque o enxofre está mal moído e incorporado ao salitre.
- Pelo fogo: pondo-a sobre um papel branco e lhe pondo fogo, se queimar toda junta, e levantando o fumo o faz como uma coroa, e não deixando faíscas ou negruras que queime o papel, é boa. Neste caso, se bem seca, mesma que queime sobre a mão não nos causa dano. Mas, se é ruim, faz tudo ao contrário. Uma pólvora mediana queima menos papel e o enegrece, mas ainda são melhores do que aquelas que queimam o papel.

Em 1728, na Espanha, uma Ordenança passou a determinar que com uma espingarda<sup>826</sup> com uma carga de 24 tiros à libra se lancem seus projéteis contra uma parede que está a 72 braças. A pólvora será considerada boa se as balas caem em pedaços ou feita em pasta. Espanhóis e franceses também utilizavam tiros de morteiros (*Morteirete*), sob condições padronizadas, para avaliar a pólvora, o que também sugeriu Alpoim no Tratado dos Morteiros. O uso de testes quantitativos para avaliar a pólvora em substituição àqueles apenas qualitativos daria uma maior confiabilidade ao resultado da avaliação.

Como saber qual dos três principais componentes está em falta ou em excesso na pólvora ruim? Uma pequena quantidade de pólvora, como aquela capaz de preencher o volume interno de um *dedal*<sup>827</sup>, deverá ser pousada sobre uma pedra lisa, à qual se deve dar fogo. Quando ela deixa sobre a pedra pequenas bexigas, é porque tem muito salitre; mas se queima pouco a pouco, mesmo após o carvão e o salitre já terem queimado, é porque tem muito

---

<sup>826</sup>O uso da palavra espingarda foi particularizado por Fortes, que a utilizou apenas para se referir às armas de caça. No entanto, Alpoim (1748, p.322) a utiliza com um sentido mais genérico, como foi adotado nesta Tese, que engloba inclusive as armas de guerra.

<sup>827</sup>Ao jovem leitor fica o esclarecimento de que *dedal* é o nome que se dá à proteção que as mulheres utilizavam na extremidade do dedo indicador quando costuravam roupa utilizando agulha e linha. O *dedal* tem a forma de um minúsculo copo de metal ou cerâmica.

enxofre ou este foi grosseiramente pisado no moinho. Quando tem muito carvão, este fica sobre a pedra, cru e cheio de viscosidades.<sup>828</sup>

Como será possível separar os três principais componentes da pólvora e assim descobrir sua composição? Primeiro, deveremos pôr a pólvora a ferver em uma quantidade de vinagre, ou vinho, maior que a de pólvora. O carvão logo se separa e flutua. Em seguida, se deve reduzir a fervura e retirá-lo com uma colher de pano presa a uma espátula. A seguir, se coa o vinagre em um pano grosso e bem tapado, onde fica o enxofre. Por último, se aquece o vinagre até ferver e assim se forme o salitre. Quando esfriar, com a inclinação da caldeira se retira o vinagre, deixando o salitre no fundo<sup>829</sup>. Assim, através da separação dos principais componentes de uma pólvora ruim, podemos acrescentar o que lhe falta durante a incorporação.

A pólvora não será ruim apenas porque tem uma composição inadequada. Com o passar do tempo, a pólvora boa se deteriora, o que ocorrerá mais rapidamente sempre que for armazenada em locais úmidos ou muito secos. Por esta razão, era recomendável armazenar o salitre, o enxofre e o carvão, e não a pólvora pronta, a qual se preparava quando fosse necessário. Esta técnica de armazenamento também tornava os armazéns mais seguros, sem o perigo de explosões acidentais<sup>830</sup>. Outra técnica sugerida por Alpoim seria fazer a incorporação da pólvora não lhe dando a forma final de grão, ou pó, mas sim a de broa e, assim, armazená-la. Como já havíamos comentado no capítulo II, com esta forma o volume da pólvora tem uma menor superfície de contato com o ar, o que lhe reduz a capacidade de capturar a umidade da atmosfera.

A pólvora poderia receber, além dos seus três principais componentes (salitre, enxofre, e carvão), alguns aditivos que lhe atribuiriam novas características, como cor diferente da negra, ou mais vigor para que se tornasse mais inflamável ou produzisse explosões com menor barulho (*pólvora surda*) ou com grande estrondo (*pólvora fulminante*). Para cada caso Alpoim

---

<sup>828</sup>ALPOIM, 1748, p.322, *Apud: Sectenás, Cap. 16. fol. 45.*

<sup>829</sup>ALPOIM, 1748, p.323, *Apud: Cataneofol 23. Verc. E Surir. Tom. 2. Fol. 118.*

<sup>830</sup>ALPOIM, 1748, p.324, *Apud: Test. Poli.De Richelieu* [Testamento Político, Cardeal Duque de Richelieu (1585-1642)], Cap. 9.

ensina o que se deve acrescentar à pólvora e em que proporção<sup>831</sup>. Para o aprendiz de artilheiro que desejava saber ainda mais sobre como se modifica a pólvora para que tenha características especiais, sugere a leitura de AA<sup>832</sup>. No entanto, para saber mais sobre a pólvora ordinária, sempre o artilheiro ou aprendiz de artilheiro deveria consultar os *Polvaristas*, a quem a experiência mostrava todos os dias ser o melhor.<sup>833</sup>

A confecção de fogos artificiais dependia de componentes que não existiam já feitos, e por isso era necessário que o *Pirobolista* soubesse prepará-los. Os *simples*, como Alpoim os denominava, seriam: óleo de alcanfor; alcatrão; cal virgem; chumbo; colofônia (tromentina de Veneza); nafta; óleo de cera; óleo de tromentina; óleo de zimbro; óleo de petróleo; ouro pigmento; pez grego (pez louro); pez negro. A preparação de cada um é ensinada, demonstrando que o autor tinha um bom conhecimento da química da sua época<sup>834</sup>.

Alpoim, após explicar como são preparados os *simples* necessários ao trabalho do Pirobolista, prossegue definindo e ensinando como se preparam os diversos tipos de fogos artificiais: caldas; tochas; novelos; rochas de fogo e de enxofre; massas ardentes; fogo grego; massas ardentes na água; lanterna que, sem fogo, ilumina debaixo d'água; outras massas; massas fumosas; massas para fogos dormentes; mistos para carregar espoletas de bombas, granadas e petardos, estopins; barris fulminantes, ardentes, e de pólvora; potes de fogo; faxinas breadas; cachões de fogo; sacos de pólvora<sup>835</sup>. Assim termina o Tratado X. Mas, para complementá-lo, seguem dois apêndices: *Dos Fogos Extraordinários; Dos Candieiros e Fogareos*. Em um tratado de 444 páginas, as noventa páginas que Alpoim dedicou ao estudo da Pirobolia tornam evidente a importância que o autor deu ao tema.

Ao final desta visão panorâmica sobre o *Exame de Bombeiros*, poderemos afirmar que Portugal enviou para o Brasil um homem brilhante,

---

<sup>831</sup>ALPOIM, 1748, pp. 325-330.

<sup>832</sup>As referências de Alpoim, como já verificamos, são confusas. Mas, neste caso, ela é totalmente obscura. O que significará AA? Manuscrito de um Autor Anônimo?

<sup>833</sup>ALPOIM, 1748, p.330.

<sup>834</sup>ALPOIM, 1748, pp.330-333.

<sup>835</sup>ALPOIM, 1748, pp.333-381.

possuidor de muitas competências, um engenheiro militar que deixou sua presença marcada para sempre nesta colônia portuguesa onde viveu até o final dos seus dias e na qual atuou como projetista e construtor de inúmeras obras importantes tanto no Rio de Janeiro como em Minas Gerais. No Rio de Janeiro também atuou como engenheiro naval e administrador público, e no Terço de Artilharia desta cidade foi Lente (Professor Catedrático) e autor de livros publicados e manuscritos<sup>836</sup>.

## VIII.14 Conclusão

O *Exame de Bombeiros* é um texto com extensão e profundidade superiores ao que se verificou no *Exame de Artilheiros*. Ao aprendiz de bombeiro se exigia um nível de formação superior ao exigido do aprendiz de artilheiro. A peça de artilharia que produzia tiros com trajetórias com pouca curvatura, “trajetórias tensas”, exigia do artilheiro apenas a competência de saber apontar a peça para o alvo após ter realizado corretamente os procedimentos de dar carga à peça. No entanto, as peças de artilharia que eram utilizadas pelos bombeiros produziam tiros com trajetórias com grande curvatura a partir de pontos onde não se via o alvo, o que lhes exigia competência para fazer cálculos de longimetria e altimetria. O *Exame de Bombeiros* é um texto escrito com dois níveis de dificuldade distintos: um mais elevado, que era o adequado à formação do oficial da Artilharia, e outro mais elementar, próprio para formar o soldado bombeiro. Aos futuros soldados bombeiros, o autor procurou ensinar como se daria solução aos problemas sem o uso excessivo da matemática. Em ambos os níveis, como já tinha ocorrido no *Exame de Artilheiros*, Alpoim evitou demonstrar matematicamente as equações que eram tratadas como regras. Com este cuidado, evitava que o aluno da Aula, que geralmente era avesso aos cálculos, se sentisse incapaz de dar solução aos problemas e perdesse o interesse pelo estudo. A preocupação que

---

<sup>836</sup>Para saber mais sobre Alpoim, sugiro a leitura da tese de doutoramento da pesquisadora Teresa Cristina de Carvalho Piva, membro do grupo de pesquisadores do HCTE/UFRJ: **O Brigadeiro Alpoim: Um politécnico no cenário luso-brasileiro do século XVIII**. Tese apresentada ao Programa de História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro para obtenção do título de Doutor em Ciências. Orientador: Carlos Alberto Lombardo Filgueiras, Brasil, 2007.

Alpoim teve em produzir textos didáticos salta aos olhos, e isso nos permite afirmar que ele sabia ensinar com clareza e competência tudo aquilo que seria necessário à boa formação de artilheiros e bombeiros. O texto atendia ao ensino da Artilharia considerando armas com as *almas lisas*, o que lhe deu validade até meados do século XIX. Porém, uma formação militar moderna estava longe de estar completa com os textos de Fortes e Alpoim. A nova arte de fazer a guerra conduziu os soldados para o subsolo onde lutavam como formigas em galerias que os conduziam ao local onde preparavam as minas. O novo soldado, o mineiro, se arrastava nas trincheiras e nos túneis, diferentemente do artilheiro e do bombeiro. Para este novo tipo de soldado, Azevedo Fortes e Alpoim pouco escreveram. No entanto, como veremos a seguir, na segunda metade do século XVIII circulou nos Regimentos o manuscrito de Anastácio da Cunha, *Ensaio sobre as Minas*, destinado a formar o soldado mineiro, mas que também atualizava a formação dos oficiais portugueses considerando o que se ensinava nas melhores academias da Europa.

# CAPÍTULO IX

## O PRIMEIRO MATEMÁTICO MODERNO PORTUGUÊS

### IX.1 Introdução

A Guerra dos Trinta Anos (1618-1648) é a denominação de um conjunto de guerras entre diversas nações da Europa a partir de 1618, envolvendo principalmente a Alemanha. Essas guerras eram motivadas por rivalidades religiosas, dinásticas, territoriais e comerciais. Durante esta série de conflitos, a arma de fogo e uma nova arquitetura militar estabeleceram definitivamente na Europa uma nova arte de fazer a guerra, para a qual o exército permanente, formado por homens bem treinados e disciplinados, era uma necessidade. Inicialmente, as nações procuravam compor seus exércitos com veteranos de várias nacionalidades que servissem a quem melhor lhes pagasse. A contratação de mercenários estrangeiros sob o comando de uma liderança própria tinha a vantagem de que, após o conflito, os estrangeiros se retiravam e não se transformavam em uma ameaça futura ao rei. No entanto, para o rei seria mais seguro ter um exército permanente e sob o seu comando. Os modernos exércitos deveriam ser eficientes, e seus soldados precisariam ser submetidos a um rigoroso treinamento para que, de forma uníssona, respondessem à voz do comando, como peças da máquina de guerra. O rigor das relações entre oficiais e soldados, punidos com severidade, e a grande possibilidade de morrerem em combate, tornavam a deserção a maior ameaça aos exércitos. Para diminuir o número de deserções de soldados, melhor seria mantê-los distantes das suas famílias e, no caso das tripulações de navios, melhor seria que não soubessem nadar e que os navios de guerra se mantivessem afastados dos portos. A Espanha, ainda no século XVI, formou poderosos exércitos permanentes utilizando homens de até cinco nacionalidades

diferentes, que eram mantidos nas suas colônias italianas<sup>837</sup>. Com essas forças armadas, os reis da Espanha mantiveram longas guerras em diversos continentes. Na Europa, os Países Baixos eram o principal local onde ocorriam as batalhas. Da Itália até a Holanda, as tropas se deslocavam através do que Geoffrey Parker<sup>838</sup> intitulou de *Rota Espanhola* (*Spanish Road*). Para manter grandes exércitos em circulação, seria necessária uma grande estrutura administrativa que deveria dar suporte às necessidades das tropas durante todo o longo percurso. A movimentação de milhares de homens deveria ser lenta e planejada, caso contrário poderiam ser consumidos todos os alimentos das populações por onde passavam os exércitos, deixando para trás um rastro de destruição. A Espanha manteve em funcionamento uma grande estrutura administrativa que deu suporte à *Rota Espanhola* durante várias décadas. A capacidade de suportar os elevados custos da guerra e a necessária estrutura administrativa estabelecia naturalmente que apenas poucas nações europeias poderiam ter grandes exércitos para atacar seus inimigos. Às demais nações, investir em sistemas de defesa seria mais econômico e sua única possibilidade. Os engenheiros militares, conhecedores da moderna arquitetura militar, seriam fundamentais às nações que tinham como única saída resistirem por muito tempo ao cerco de suas cidadelas, ou fortalezas. A guerra de sítio passou a ser uma das principais características da guerra moderna, na qual um pequeno exército sitiado conseguiria resistir ao ataque de um grande exército por um longo período.

O excessivo poder da Espanha e da dinastia dos Habsburgo, ou Casa de Áustria, incomodava e dava motivo para que várias nações, como a França, se mantivessem em guerra quase permanente contra a Espanha. No início da Guerra dos Trinta Anos, o exército francês demonstrou incompetência para enfrentar os espanhóis e alemães. Entretanto, em 1643, como citado no capítulo anterior, os franceses derrotaram os espanhóis em Rocroi, demonstrando que a França tinha alcançado a competência das melhores nações da Europa.

---

<sup>837</sup>PARKER, 2004, p.25.

<sup>838</sup>PARKER, 2004.

Ao final da Guerra dos Trinta Anos, Luís XIII, o rei da França, e seus principais opositores, os representantes da Casa de Áustria, decidiram não dispensar seus imensos exércitos. Mais tarde, em 1661, Luís XIV, ao iniciar seu reinado, achou prudente para a glória do rei manter o seu grande exército<sup>839</sup>. Os Bourbons e os Habsburgos passaram a ser as dinastias mais poderosas da Europa.

Na segunda metade do século XVII, os exércitos franceses e suas Escolas militares passaram a servir de referência para todas as demais nações que queriam modernizar-se. Em Portugal, Manuel de Azevedo Fortes procurou iniciar a formação de engenheiros militares utilizando a França como modelo. Da mesma forma como havia ocorrido naquele país, além de um ensino militar moderno também seria fundamental que em Portugal se aumentasse o prestígio do engenheiro militar junto à sociedade, o que serviria para atrair para as Escolas militares portuguesas os filhos da primeira nobreza. Os autores franceses passaram a ser utilizados como referência bibliográfica para os autores portugueses de manuscritos ou obras publicadas.

No início da segunda metade do século XVIII, um conflito de interesses, reconhecido como Guerra dos Sete Anos (1756-1763), colocou a França, Áustria, Saxônia, Rússia, Suécia e Espanha, em guerra contra a Inglaterra, a Prússia, Portugal e Hanover. Nesse período, quando a França voltou a ser uma ameaça a Portugal e suas colônias, a poderosa Inglaterra era o aliado português, e os oficiais ingleses passaram a conviver com os oficiais portugueses nas fortalezas. Dessa nova relação surgiu o conhecimento de uma nova bibliografia sobre assuntos bélicos. Finalmente, Newton passou a ser mencionado nos manuscritos dos autores militares portugueses que circulavam entre os oficiais de Artilharia, os quais certamente não eram impressos para fugir ao controle dos censores do Santo Ofício.

O esforço para pôr o rei de pé e dar condição à obsoleta nação portuguesa de se defender das ameaças externas não poderia se reduzir a comprar da Inglaterra os meios necessários para aparelhar o Sistema de Defesa, nem a contratação de estrangeiros para gerenciarem o processo. No

---

<sup>839</sup>McNEILL, 1992, p.124.



entanto, por mais uma vez, o Velho Regime português não queria ceder seu lugar à modernidade e esperava que tão logo a ameaça externa desaparecesse, o processo modernizador seria interrompido. A Igreja não desejava viver fora do mundo aristotélico, a monarquia não desejava perder os seus privilégios, e a gente miúda não poderia ser atraída para uma modernidade disciplinadora, que lhe roubava a alma e lhes fazia peça de uma máquina de guerra. A burguesia parecia ser a grande interessada na modernidade. Os esforços do Marquês de Pombal para fortalecer a burguesia portuguesa, enfraquecer a Igreja e, assim, modernizar Portugal foram atenuados tão logo o rei D. José I morreu.

## **IX.2 Anastácio da Cunha (1744-1787)**

Com apenas 19 anos, em 1763, quando se iniciava a reforma do exército proposta pelo conde de Lippe, Anastácio da Cunha chegou à região de Valença do Minho para ser alojado no regimento local. Nascido em Lisboa, em 1744, educado pelos padres oratorianos na Congregação do Oratório, o jovem certamente trazia consigo as sementes de uma educação diferenciada. Os oratorianos tinham sido trazidos da Itália para Portugal, a convite de D. João V, na esperança de que promovessem um ensino moderno, diverso daquele que era praticado pelos jesuítas. Na época, o rei chegou a presentear os oratorianos com um Laboratório de Física para que melhor fosse o ensino. Durante os anos em que Anastácio permaneceu em Valença do Minho, conviveu com oficiais de várias nacionalidades, alguns deles homens estudiosos e de boa formação. Como autodidata, aprendeu a se expressar em várias línguas, o que lhe permitiu estudar física, matemática e artilharia diretamente sobre os livros de autores estrangeiros, alguns proibidos pela Inquisição. O jovem oficial se tornou respeitado em sua comunidade e passou a receber solicitações dos seus superiores para que desse, por escrito, o seu parecer sobre diversos temas relativos à arte da guerra. Com manuscritos, respondia às solicitações procurando analisar textos de diversos autores estrangeiros que atendiam à solicitação, nos quais introduzia comentários e críticas.

Em 1769, Anastácio da Cunha escreveu mais um de seus manuscritos, uma carta ao Major Simão Frazer, em resposta à solicitação que lhe fizera para que opinasse sobre a Teoria da Pólvora e sobre o melhor comprimento que deveriam ter as peças de artilharia. A carta se transformou no manuscrito intitulado *Carta Físico-Matemática sobre a theoria da pólvora em geral, e a determinação do melhor comprimento das peças em particular*. A única publicação deste manuscrito de que se tem notícia aconteceu no Porto, em 1838, pelos capitães José Vitorino Damasio e Diogo Kopke, a partir de uma cópia manuscrita<sup>840</sup>. Nesta carta fica evidente a maturidade científica do seu autor em um assunto que hoje denominamos de Balística Interna e Externa, no qual se discute a mecânica do movimento do projétil na parte interna e externa da peça de artilharia. Na dissertação, Anastácio deixou claro quanto achava importante o trabalho de Newton, a quem se refere como o *Cavaleiro Newton*<sup>841</sup>, o que não deixa dúvidas de que tinha acesso ao livro *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*. Na carta afirma que sobre o assunto quem melhor tinha escrito era o inglês Benjamin Robins, que utilizou o *Pêndulo Balístico* em estudos pioneiros de Balística Experimental para medir a velocidade de um projétil<sup>842</sup>. Na sua conclusão Anastácio afirma que, considerando o que se sabia até então sobre a mecânica do projétil, não era possível calcular o alcance de um tiro:

O Artilheiro não tem necessidade alguma de gastar o seu tempo no Estudo, do que chamam Theorica da Pólvora. Qual póde ser o fim do Artilheiro neste estado? Saber regular os alcances, as cargas, e dimensão das Minas e peças, e as doses dos ingredientes dos Artíficios de Fogo. Que lhe póde subministrar a Theorica da Polvora? As que até agora tenho visto, nada; esta de **Robins** [o grifo é meu], que acabo de expor, dá-lhe 1º a velocidade, com que a Bala sahe de uma peça, e com uma carga dada. Mas este conhecimento lhe he **totalmente inútil** [o grifo é meu] para regular os alcances (objeto principal da Artilheria) por não se ter até agora a resistência do Ar deixado sujeitar ao Calculo [sic].<sup>843</sup>

A conclusão de Anastácio da Cunha deixava claro que as teorias de que até então se tinha notícia, dos melhores autores, ainda não permitiam uma

<sup>840</sup>RODRIGUES, SARAIVA, 1987, p. 310.

<sup>841</sup>CUNHA, 1987, p. 326.

<sup>842</sup>Como foi visto no capítulo V.

<sup>843</sup>CUNHA, 1987b, p. 335.

precisa determinação do alcance, o que correspondia a dizer que além de certa distância, as peças de artilharia se tornavam ineficientes para lançar projéteis com precisão sobre alvos<sup>844</sup>.

Na nova arte que governava as guerras, as mudanças nas estratégias empregadas faziam com que os homens não mais lutassem como leões em um campo de batalha, mas sim como formigas no subsolo. Em uma guerra que se fazia com ciência, os mineiros precisavam aprender a cavar galerias, orientar-se no subsolo e calcular a carga de pólvora que deveriam dar à mina. O ensino militar necessitava de um texto próprio para dar formação aos mineiros portugueses, o que não tinha sido atendido pelos textos de Alpoim e Fortes.



**Figura IX-160:** Frontispício da obra *Ensaio sobre as Minas* de José Anastácio da Cunha. Fonte: Coleção e Estudos de Manuscritos 3, Arquivo Distrital de Braga/Universidade de Braga.

O comandante dos mineiros no Regimento de Valença do Minho solicitou que Anastácio da Cunha fizesse um estudo sobre o que os vários autores ensinavam sobre a arte dos mineiros:

Pediu-me o capitão de mineiros do meu regimento a minha opinião sobre o que vários auctores tinham publicado ácerca

<sup>844</sup>Esta limitação foi uma característica da peça de alma lisa, que fazia com que o projétil esférico assumisse no seu lançamento um movimento complexo no interior da peça e no exterior, quando interagia com o ar. Apenas a partir da metade do século XIX, com o uso de peças com almas raiadas, é que os tiros passaram a alcançar alvos distantes, além de cerca de 300 metros, com precisão.

das minas: dei-lh'a por escrito muito sem segunda tenção, que nem deixei em meu poder cópia [sic].<sup>845</sup>

Para dar resposta à solicitação do seu comandante, surgiu o manuscrito *Ensaio sobre as Minas* (Figura IX-160). De tal manuscrito apenas se tinha referência até 1987, ano em que a matemática Maria Fernanda Estrada o encontrou no Arquivo Distrital de Braga. Inicialmente o documento lhe parecia ser o original da obra, que por caminhos desconhecidos chegou à Biblioteca do Conde da Barca. No entanto, após estudos em que procurou comparar o texto com as referências bibliográficas citadas, concluiu a pesquisadora que o seu achado se tratava de uma transcrição.

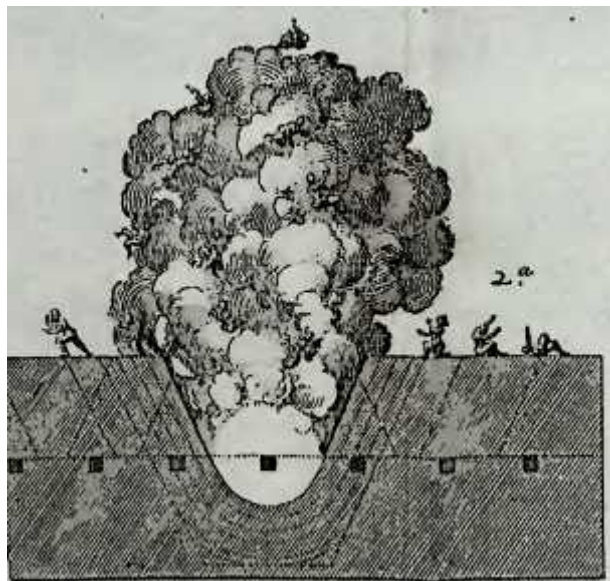
Anastácio inicia o manuscrito afirmando a não existência de obras em português sobre o assunto. Para atender aos estudos de principiantes, o autor faz a tradução para o português daquilo que escreveu o matemático inglês John Muller (1699-1784) sobre a Teoria das Minas<sup>846</sup>. O manuscrito é formado de três partes: *Nova Teoria das Minas*, *Teoria das Minas do matemático John Muller* e *Pratica das Minas*. Aos principiantes, o autor recomendava que apenas estudassem a terceira parte.

Na introdução da obra seguida da primeira parte, o autor se apresenta como um matemático que se delicia em descrever matematicamente as cônicas como lugar geométrico. Com a geratriz no infinito, obtém a circunferência; com um movimento contínuo de aproximação da *geratriz*, obtém a parábola; a seguir, uma hipérbole; e, finalmente, uma reta. O seu estudo é de grande beleza matemática e complexidade, o que demonstra a grandeza do seu autor.

---

<sup>845</sup>CUNHA, 1987a, p. 382.

<sup>846</sup>*The Attack and Defence of Fortified Places*, obra de John Muller, alemão de nascimento, cuja segunda edição, publicada em Londres em 1757, foi utilizada por Anastácio da Cunha em sua tradução (CUNHA, 1994, p.21).



**Figura IX-161:** Explosão de uma mina. (Fonte: FORTES, Manoel de Azevedo. *O Engenheiro Português*. Tomo I, editado em 1728 e Tomo II editado em 1729. Edição *fac-símile*, Imprensa Nacional – Casa da Moeda, Lisboa, 1993, estampa 21).

A explosão de uma mina deixava no solo uma cavidade. Qual a sua forma? Alguns autores consideravam que a cavidade tinha uma forma cônica, ideia da qual Anastácio da Cunha discordava (Figura IX-161). Para ele, a forma seria a de um parabolóide de revolução. O cálculo do volume de terra que seria levantado pela força da explosão era necessário para determinar a carga de pólvora que deveria ter a mina. Ao considerá-lo o volume de um cone, o cálculo era simples. Porém, considerando a hipótese de ser um parabolóide, o cálculo seria bem mais complicado, mas Anastácio o fez.

Anastácio introduziu comentários sob a forma de notas ao longo do *Ensaio sobre as Minas*. Em um deles, criticou o autor estrangeiro Mr. Dulacq (1706-1757)<sup>847</sup>, que tinha sido Professor de Artilharia e Fortificação na Academia Real da Inglaterra, e discípulo de Belidor, autor de estudos que o conde de Lippe tinha recomendado aos artilheiros e engenheiros portugueses<sup>848</sup>. Na sua crítica, afirmou<sup>849</sup>:

<sup>847</sup> Dulacq, *Théorie nouvelle sur le mécanisme de l'artillerie*, Paris, 1741, citado na bibliografia consultada por Maria Fernanda Estrada em seus estudos realizados sobre a obra de José Anastácio da Cunha, *Ensaio sobre as Minas* (CUNHA, 1994, p.XL)

<sup>848</sup> Portugal, diante da ameaça externa produzida pelo que posteriormente veio a ser conhecido como a Guerra dos Sete Anos, contratou o conde de Lippe para reformar o exército português, por indicação do próprio rei da Inglaterra.

<sup>849</sup> CUNHA, 1994, p.4.

[...] He vergonha, e grande vergonha criticar couzas tão summamente triviaes, pois não há Rapaz da escolla, que não possa ensinar a Mr. Dulacq, que 4 vezes nada he nada, e nam 4 vezes nada he 4, commo elle cuida; mas sirva isto somente para que a gente se não deixe preocupar de hum grande nome, e para que alguns Autores afrancezados<sup>850</sup> não escrevão tanto à pressa [sic].

Anastácio não se impressionava com o que poderia ser a palavra de uma autoridade. Essa postura arrojada lhe causou um sério problema com o conde Lippe, mas que se converteu em um evento que transformou sua vida. Como afirmou o próprio Anastácio:

[...] Entre outras cousas mostrei alguns erros de Mr. Dulacq, auctor que o marechal [conde de Lippe] tinha recomendado aos artilheiros e engenheiros, o que nem eu nem talvez pessoa alguma do meu regimento então sabia. Depois passando o marechal por Almeida, aonde eu estava, houve quem innocentemente e cuidando que me fazia um grande bem, offereceu a minha dissertação ao conde de Lippe, que naturalmente se julgou insultado. Apezar de partir então para Buckembourg ainda duvidoso da minha innocencia, deixou recommendado que se me dobrasse o soldo e me adeantassem. Ainda quando o Marquez de Pombal me mandou para a Universidade, chegou uma carta em que o marechal lhe recommendava, com a maior efficacia, o meu adeantamento occupando n'isso um paragrapho inteiro [sic].<sup>851</sup>

Ao que parece, o conde de Lippe viu em Anastácio um grande matemático, e o recomendou ao marquês de Pombal, que o introduziu na Universidade de Coimbra, em 1773, como Lente de Geometria. Como matemático autodidata, sem formação acadêmica, não foi bem aceito pela comunidade acadêmica. O professor militar, que fazia questão de comparecer fardado às aulas e fazer referências aos autores estrangeiros proibidos pela Inquisição, não teve vida longa na Universidade. Em 13 de março de 1777, com a acessão de D. Maria I, a nova rainha inicia um período da história de Portugal conhecido tradicionalmente como *Viradeira*<sup>852</sup>, quando novos

---

<sup>850</sup> Ao se referir aos *afrancesados*, deixa transparecer que vivia um novo tempo, quando as bibliografias de referência iam além dos autores tradicionais franceses.

<sup>851</sup> CUNHA, 1987a, p. 382.

<sup>852</sup> A moderna historiografia condena as interpretações antigas de que teria ocorrido uma “Viradeira” radical no reinado mariano. Nem Pombal conseguiu uma mudança total na sociedade portuguesa, nem o reinado de D. Maria anulou aquelas mudanças que haviam sido conseguidas. A maioria das conquistas pombalinas no campo social, científico, técnico, comercial e econômico foi mantida e ampliada, como mostram a criação da Academia das Ciências de Lisboa ou as viagens filosóficas de exploração, como a de Alexandre Rodrigues Ferreira (1756-1815).

Secretários de Estado são nomeados em substituição do marquês de Pombal. Nesse período, a Igreja e a alta nobreza aumentam a influência que tinham sobre o Estado, usurpada durante as reformas pombalinas. No que se refere à Universidade de Coimbra, muitos alunos e professores foram expulsos, entre eles Anastácio da Cunha. Em 1778, Anastácio foi acusado, preso pela Inquisição, julgado e condenado. As acusações que sofrera nada tinham a ver com seus estudos de matemática, e podem ser assim resumidas, como afirma Joel Serrão<sup>853</sup>:

Convivência, em Valença do Minho, com protestantes ingleses, aliás, seus camaradas militares: a leitura de Rosseau, Hobbes e outros autores que defendiam o deísmo, o tolerantismo e o indiferentismo; a tradução portuguesa de “perigosos” autores franceses e ingleses; e, por fim, o empréstimo a uma sua discípula de livros de “filosofismo”.

O brilhante pensador português, com apenas 34 anos, teve todos os seus bens confiscados e foi condenado ao ostracismo. Excomungado, longe de seus livros, permaneceu recluso por três anos na Congregação do Oratório, de onde deveria seguir para o degredo em Évora. Nunca mais poderia retornar a Coimbra ou Valença do Minho. A ele foi concedido o benefício de transformar a pena de degredo em residência obrigatória junto aos seus amigos oratorianos, seus primeiros mestres, onde lhe era permitido ensinar matemática elementar na Casa Pia. Nessa época, escreveu a sua obra de maior importância, *Princípios Matemáticos*, que apenas foi publicada em 1790. Atualmente os historiadores portugueses consideram Anastácio da Cunha o primeiro matemático moderno português.

### IX.3 Conclusão

A oportunidade que o autodidata Anastácio da Cunha teve de conviver com homens e livros estrangeiros, longe do controle do Santo Ofício, lhe deu oportunidades de se fazer um moderno matemático, que muito se aplicou ao

---

<sup>853</sup>SERRÃO, 1987, p.4.

estudo da mecânica necessária ao bom artilheiro. A modernidade da época, cultivada além dos Pirineus, chegava às bibliotecas frequentadas pelos oficiais militares. Esta modernidade, necessária à defesa da nação, era a modernidade que não interessava nem à Igreja nem ao Velho Regime, mas através dos oficiais e engenheiros militares portugueses e estrangeiros se difundia em Portugal e na colônia Brasil. Em 1767, como persistiam os conflitos no sul do Brasil, Portugal resolveu agir com mais vigor, enviando três regimentos para o Rio de Janeiro: o de Moura, o de Extremoz e o de Bragança. Para o comando dessas tropas, seguia para o Brasil o general Böhm, acompanhado de outros oficiais escolhidos pelo reconhecido valor: o coronel José Custódio de Faria, o coronel Funcke, e o capitão Rossi. No entanto, com a *Viradeira*, o Velho Regime e a Igreja retomam algumas de suas antigas influências, e Portugal deveria aguardar uma nova ameaça externa que fizesse necessário o pedido de ajuda externa. A nova ameaça, a invasão francesa a Portugal, que provocaria a transferência do rei e da sua Corte para o Brasil, sob a proteção da Inglaterra, apenas ocorreria no início do século XIX.





# CAPÍTULO X

## ARESTAURAÇÃO DE PORTUGAL À MODERNIDADE NO SÉCULO XVIII

### X.1 Introdução

Portugal construiu um dos maiores conjuntos de fortificações do mundo. Das cerca de trezentas de caráter permanente, mais de uma centena e meia dessas fortificações estão situadas no Brasil<sup>854</sup>. Em uma primeira fase, até o final do século XVI, predominaram as primitivas *feitorias-fortalezas*, construídas com madeira e taipa. A influência da arte italiana de construir fortificações, então dominante na Europa, surgiu em Portugal principalmente na época da União Ibérica. Com o *Traço Italiano*, essas fortificações voltaram a produzir guerras longas em toda a Europa, que se estendiam por décadas. Os elevados custos da guerra moderna levavam muitas nações à decadência econômica<sup>855</sup>.

O canhão, que conduziu a um novo tipo de fortificação, modificou a arte da guerra, a qual passou a ser feita com ciência e executada por homens preparados e mantidos em exércitos permanentes. Em muitos Estados, o elevado custo para ter e manter um exército permanente tornava impeditiva a sua existência. O primeiro exército permanente português apenas foi criado por D. João IV (r.1640-1656) durante a Restauração, quando o rei, com muito esforço, tentava manter artilheiros estrangeiros em Portugal. Porém, como mercenários, eles não se fixavam e partiam para servir a quem pagasse melhor por seus serviços. Em 1643 existiam apenas 137 artilheiros em todo o reino<sup>856</sup>. Portugal precisava deles, mas para isso seria necessário ensinar a quem desejasse os necessários saberes daqueles que faziam guerra com ciência.

---

<sup>854</sup>FERREIRA, 2004, p.7.

<sup>855</sup>PARKER, 2008, p.43.

<sup>856</sup>BOTELHO, 1944, v.1, p.15.

## X.2 A evolução do ensino de artilharia em Portugal

Os primeiros bombardeiros em Portugal, estrangeiros contratados por temporadas, além de ensinarem aos portugueses sua arte, foram também os primeiros divulgadores das noções elementares de geometria àqueles que desejavam ser artilheiros. Como afirma José Justino Teixeira Botelho<sup>857</sup>:

não consta que houvesse ensino daquela ciência [Artilharia] no nosso país [Portugal] antes do século XVI. A artilharia era uma arte que tinha chegado de fora, logo não existia, em Portugal, gente habilitada para ensiná-la. Os poucos portugueses que aprenderam a nova arte tiveram como mestres os condestáveis estrangeiros.

No século XVI, apesar de os artilheiros portugueses já demonstrarem uma boa formação prática, era difícil que alcançassem uma boa qualificação teórica. Em sua maioria não sabiam ler e, mesmo que soubessem, não existiam livros sobre Artilharia escritos em português. Os primeiros textos portugueses sobre Artilharia apenas apareceram no final do século XVII. Em 1513, a vizinha Espanha já possuía a sua primeira escola de artilharia, fundada em Burgos, onde já havia livros escritos em espanhol. Nos Estados Venezianos, em 1537, não era diferente quando o matemático Nicolau Tartaglia, natural de Brescia, escreveu a obra intitulada *Nuova scienza, cio e invenzione nuova mentetrovata utili per ciascuno speculativo matemático bombardiero ed altri, quesite ed invenzione*.

Em Portugal, durante o Período Filipino, a artilharia portuguesa não foi anulada, mas também não foi incentivada. Neste período, era muito conhecida a obra do genovês Lázaro de La Isla, que a serviço da Espanha escreveu *Breve Tratado de artilleria, y fundicion della, y artificio de fuegos*, impresso em Valladolid em 1603. A partir de 1640, com a Restauração, finalmente surgem as primeiras providências para recuperar a artilharia portuguesa da condição de abandono em que se encontrava. Os oficiais com melhor qualificação passaram a ser designados para ensinar a prática do uso das bocas de fogo a todos que desejassem aprender<sup>858</sup>. Nessa época, Portugal era uma nação que não conseguia acompanhar o resto da Europa e que, para se modernizar,

---

<sup>857</sup>BOTELHO, 1944, v.2, p.7.

<sup>858</sup>BOTELHO, 1944, v.2, p.9.

precisava de engenheiros militares portugueses que também soubessem construir fortificações. Em 1655, no castelo de São Jorge, em Lisboa, surge a primeira escola criada com o objetivo específico de formar artilheiros. Em 1656, também em Lisboa, é criada a *Aula de Fortificação da Ribeira das Naus*<sup>859</sup>, para a qual foi nomeado o professor Luís Serrão Pimentel. Esta Aula já se destinava à formação de engenheiros construtores de fortificações. Em 1680, finalmente surge a primeira obra de engenharia militar escrita em português por Luís Serrão Pimentel: *O Méthodo Lusitanico de desenhar as fortificações das praças regulares & irregulares*. Mas, para formar engenheiros capazes em Artilharia, os novos textos deveriam ir além dos conhecimentos necessários ao bom construtor de fortificações e obras públicas. Para o bom estudo de Artilharia, seria necessário que os estudantes entrassem em contato com autores como Galileu, cujas ideias modernizadoras foram banidas de Portugal pela força da Inquisição<sup>860</sup> que controlava a Imprensa portuguesa, assim como os livros estrangeiros que entravam e saíam de Portugal.

### X.3 O embate entre Antigos e Modernos

Na primeira metade do século XVIII, em Portugal, havia um embate entre duas correntes de pensadores, identificados como *Antigos* e *Modernos*. No entanto, não havia um sistema comum de Filosofia Natural que os diferenciasse com clareza, o que tornava tal classificação confusa. Nem todo moderno era atomista, a exemplo de Descartes, que não admitia a existência do vazio. Da mesma forma, Newton, Descartes e Gassendi, reconhecidos como modernos, não compartilhavam a mesma visão da Natureza quando procuravam explicar a razão da queda dos corpos. Newton aceitava que havia uma força atrativa entre as massas mesmo quando estas não estavam em contato. Tal interação seria a causa comum da queda dos corpos, do movimento dos planetas ao redor do Sol e das marés. Porém, Descartes e Gassendi não aceitavam a ação à distância e criticavam os newtonianos que,

---

<sup>859</sup>Conforme informa BOTELHO (1944, v.2, p.10), em 1679, foi dada uma nova organização a esta Aula, que se transformou em um curso de três anos. Ela aparece mencionada por diferentes nomes: *Aula da Ribeira das Naus*; *Aula Real de Fortificação*; *Aula Régia*. Mais tarde, essa Aula deu origem à Academia Militar da Corte.

<sup>860</sup>BETHENCOURT, 2004, pp.197-218.

como os escolásticos, faziam uso de um agente de natureza misteriosa para explicar a queda dos graves. Para Rômulo de Carvalho<sup>861</sup>, na ausência de uma maneira simples de diferenciar Modernos e Antigos, a valorização da experiência como forma de indagar a Natureza, uma atitude própria dos Modernos, seria o diferenciador. Com este critério, Galileu não teria sido um moderno, considerando que, para ele, a experiência apenas servia para confirmar as previsões teórica e não para indagar a Natureza.

Em Portugal, Modernos e Antigos mantinham um debate com declarado respeito pela Igreja, e procuravam usar uma fala acautelada. As afirmações polêmicas deveriam ser tomadas como hipóteses, nunca como teses. A ciência não poderia ser praticada com independência mental, e quem a cultivava deveria prestar contas das suas afirmações. Nesse tipo de sociedade, organizada segundo um esquema teológico, não se dizia o que se pensava, não se afirmava o que se tomava como certo sem antes fazer um ajustamento às normas teológicas estabelecidas como base social. O afastamento dessas normas constituía um perigo que poderia ir até o aniquilamento físico do indivíduo<sup>862</sup>.

O debate filosófico promovido entre os membros de uma elite culta, que manuseava livros acessíveis a poucos, nunca poderia causar uma verdadeira reforma social. Para isto, afirma Carvalho<sup>863</sup>, “a via privilegiada é a via escolar”. Não era este fato ignorado pelos jesuítas, que durante 200 anos dominaram o ensino em Portugal. No final do século XVI, no Colégio das Artes, em Coimbra, esses religiosos iniciaram a publicação, em latim, do *Curso Conimbricense*, um material didático próprio para uma educação escolástica que utilizavam em suas escolas em diversas nações da Europa. No século XVIII, o medo de que os sistemas modernos de Filosofia Natural pudessem abalar os alicerces de um edifício doutrinário secular, tornou a educação promovida pelos jesuítas em sua rede escolar refratária às novas ideias atribuídas aos Modernos. Desta forma, o ensino escolástico que promoviam passou a ser reconhecido como

---

<sup>861</sup>CARVALHO, 1982, pp. 27-33.

<sup>862</sup>*Idem*, p. 8.

<sup>863</sup>*Idem*, p. 51.

próprio dos Antigos<sup>864</sup>. Com esta atitude obstrucionista e obscurantista, os jesuítas passaram a ser vistos como um obstáculo que impedia a modernização de Portugal. No entanto, na opinião de Rômulo Carvalho<sup>865</sup> e Décio Ruivo Martins<sup>866</sup>, será um erro considerarmos os jesuítas na sua totalidade como impenetráveis às novidades doutrinárias dos Modernos. Em Portugal, ainda no século XVII, entre os jesuítas, encontramos importantes matemáticos, astrônomos e filósofos naturais reconhecidos como modernos entre os *Modernos*. Em 1611, Cristóvão Grienberger e João Paulo Limbo, professores do Colégio das Artes, e Cristóvão Clávio, professor do Colégio Santo Antão, faziam parte do grupo de matemáticos do Colégio Romano que confirmaram, através de observações astronômicas, a existênciadados satélites de Júpiter descobertos por Galileu havia pouco mais de um ano. Na primeira metade do século XVIII, Inácio Soares, Sebastião Abreu, João Leitão, Inácio Vieira, Antônio Vieira, entre outros, faziam nas escolas uma introdução progressiva e cautelosa das modernas correntes do pensamento científico nos cursos de Filosofia<sup>867</sup>. No Colégio das Artes, em Coimbra, baluarte do pensamento aristotélico, apesar de os estatutos da Universidade proibirem o ensino da filosofia dos modernos, a atitude de alguns professores fez com que o reitor, em 7 de maio de 1746, para combater um inimigo que teimava em insinuar-se, mandasse fixar na entrada daquele Colégio um edital com os seguintes termos:

[...] nos exames, ou Lições, Conclusões publicas, ou particulares se-não insine defenção ou opiniões novas pouco recebidas, ou inuteis p.<sup>a</sup> o estudo das Sciencias mayores como são as de Renato, Descartes [René Descartes], Gacendo [Gassendi], Neptono [Newton], e outros, e nomeada.<sup>mte</sup> qualquer Sciencia, que defenda os actos [átomos] de Epicuro, ou negue as realid.<sup>es</sup> dos accidentes Eucharisticos, ou outras quaisquer concluzõis oppostas ao sistema de Aristoteles, o

---

<sup>864</sup>MARTINS, D.R; 1997, p.101.

<sup>865</sup>CARVALHO, 1982.

<sup>866</sup>MARTINS, D.R; 2000.

<sup>867</sup>MARTINS, D.R; 2000, p.205.

qual nestas escolas se deve seguir, como repetidas vezes se recomêda nos estatutos deste Collegio das Artes [sic].<sup>868</sup>

A formação dos professores jesuítas demonstra que existiam nas universidades em Évora e Coimbra excelentes bibliotecas onde não faltavam os autores modernos mais credenciados<sup>869</sup>. No entanto, apesar da existência dos livros, o ensino de seus conteúdos era proibido.

A experimentação ocupava o centro da questão. Uma educação verdadeiramente moderna implicaria uma nova ação pedagógica, apoiada pelo uso de Gabinetes para que neles se realizassem os devidos experimentos. Luís Antônio Verney, educado pelos jesuítas no Colégio Santo Antão e, mais tarde, na Universidade de Évora, tornou-se um dos mais exaltados críticos da educação promovida pelos jesuítas por não praticarem em sua ação pedagógica o que denominava *O Verdadeiro Método de Estudar*.

A educação do rei de Portugal deveria colocá-lo à altura dos demais reis que reinavam na Europa. D. João V, com apenas 19 anos, desejou fazer uma viagem de estudo através da Europa, a exemplo do que anos antes tinha sido feito por Pedro, o Grande, da Rússia. Tal viagem, planejada nos mínimos detalhes, deveria iniciar no dia 1 de março de 1715 e terminar em 1717. Durante dois anos o rei viajaria demoradamente pela Espanha, França, Inglaterra, Holanda, Prússia, Áustria e Itália. Ao longo da viagem, o jovem rei deveria observar as praças, marinhas, milícias, estilos, comércio, forma de servirem-se os reis, gênio das nações, ajustando artífices e professores para as ciências e artes que mais se ignoravam em Portugal<sup>870</sup>. No entanto, o projeto cultural para educar o rei e abrir Portugal aos saberes e costumes que se praticavam além dos Pirineus não chegou a realizar-se.

A educação pretendida por D. João V nos permite concluir que o rei deveria observar com reservas a ação da Companhia de Jesus no campo pedagógico, o que nos faz entender melhor sua atitude de convidar para dirigir o ensino em Portugal padres estrangeiros, jesuítas e oratorianos, com o intuito

---

<sup>868</sup>CARVALHO, 1982, p.36.

<sup>869</sup>MARTINS, D.R; 2000, pp. 203-205.

<sup>870</sup>CARVALHO, 1982, p. 54. *Apud: Bibliografia Verneiana* inserta em *Verney e a Cultura do seu tempo*, pp. 453-491, ANDRADE, Antonio Alberto, Coimbra, 1966.

de modernizar o ensino. Em 1722, chegaram a Portugal dois jesuítas napolitanos de mesma idade: João Batista Carbone (1694-1750) e Domenico Capacci (1694-1736). A princípio, ambos deveriam ir para o Brasil fazer levantamentos cartográficos. No entanto, apenas Capacci seguiu para o Brasil. O jesuíta Carbone, que se tornou confessor do rei, assumiu a função de reitor do Colégio Santo Antão. Aos oratorianos, como a face oposta de uma mesma moeda, o rei destinou uma vultosa renda anual, uma biblioteca com cerca de 30.000 volumes, todo o instrumental necessário para compor um Laboratório de Física, e um Observatório Astronômico. A estes apenas era exigido que ministrassem na Congregação o ensino de várias disciplinas, entre as quais Filosofia, que não deveria ser a Escolástica.

O padre oratoriano João Batista foi quem introduziu pela primeira vez a física experimental no ensino em Portugal. No entanto, seu discípulo, Teodoro de Almeida, que ingressou na Congregação do Oratório aos 13 anos, foi a figura que maior vulto deu ao ensino de física experimental, que era praticado no Gabinete de Física da Casa da Senhora das Necessidades dos Padres Oratorianos. Teodoro de Almeida, assumidamente um filósofo moderno e autor da obra intitulada *Recreação Filozofica, ou dialogo sobre a Filozofia Natural, para instrução de pessoas curiosas, que não frequentarão as aulas*, cujo primeiro volume foi publicado em 1751, tornou evidente que em Portugal existia uma atividade pedagógica caracterizada pelas modernas metodologias de ensino do século XVIII, e que era distinta daquela praticada pelos jesuítas. Esta atividade, iniciada entre 1745 e 1760, antecipa em mais de duas décadas uma profunda renovação no ensino que seria proposto pela reforma pombalina em 1772. O uso no ensino da experimentação como fonte de esclarecimento fazia com que os membros da Companhia de Jesus e os oratorianos se entreolhassem com reservas<sup>871</sup>.

No decorrer da primeira metade do século XVIII, os intelectuais portugueses, reconhecidos como *Modernos*, através de uma ação erosiva da palavra e da escrita, pouco a pouco foram cerceando sistematicamente o campo de manobra dos discípulos de Santo Inácio. A expulsão da Companhia

---

<sup>871</sup>MARTINS, D.R; 2000, p. 99.



de Jesus, na opinião de Rômulo Carvalho<sup>872</sup>, não foi, no plano da luta entre *Antigos e Modernos* o início de um processo, mas o seu encerramento. Uma reforma do ensino não poderia ser feita sem que se entrasse em rota de colisão com a Companhia de Jesus.

#### **X.4 A modernização do ensino na Universidade de Coimbra**

A abertura que se deu em Portugal às novas correntes científicas e filosóficas da Europa das Luzes em muito se deve ao alto patrocínio dos mais esclarecidos ministros de D. João V (r.1706-1750), que muito contribuíram para cimentar o espírito do reformismo ilustrado em Portugal. A renovação dos cursos universitários passava pela aquisição de uma biblioteca atualizada nos mais variados domínios do saber. Mas, em 1733, já era notório que os novos livros de Filosofia e Medicina que chegavam à biblioteca, construída em Coimbra, estavam em descompasso com a qualidade dos lentes da Universidade. Não bastavam livros, os quais se transformariam num *Parlamento de Mudos* se não encontrassem quem falasse por eles. A tolerância à existência na biblioteca de textos de autores modernos não implicava existência de cursos que os incluíam nos seus estudos. Em 1712, foi dirigido a D. João V um pedido, precisamente pelos professores de Coimbra, solicitando autorização para introduzir uma alteração no Curso de Filosofia do Colégio das Artes, que tinha por objetivo o estudo da Física. Mas o pedido foi indeferido pelo monarca. Ainda no Colégio das Artes, em 1746, há uma nova recusa a um pedido para o alargamento do ensino de Física. Com tais indeferimentos, o rei tornava claro que a tolerância aos livros não se estendia a quem falasse por eles. Tal fato, na opinião de Décio Ruivo Martins<sup>873</sup>, a quem já nos referimos anteriormente, torna evidente que não é justa a acusação indiscriminada que se faz aos jesuítas como causadores do ensino universitário obsoleto que se fazia em Portugal, com ênfase nos escritos aristotélicos. No Brasil, em 1651, no Colégio dos Jesuítas do Rio de Janeiro, existiam 84 tomos de *Cursos Philosophicus, de Francisco Soares Lusitano*, no

---

<sup>872</sup>CARVALHO, 1982, p. 40.

<sup>873</sup>MARTINS, D.R; 2000, pp. 193-199.

qual se ensinava a teoria da circulação de Harvey, proibida de ser ensinada no Reino. A quantidade de exemplares de um mesmo livro não deixava dúvida sobre sua utilização pelos estudantes em seus cursos<sup>874</sup>. Como podemos notar, não se pode generalizar as acusações contra os jesuítas.

O número de alunos que estudaram na Universidade de Coimbra em comparação com os cursos até 1771, um ano antes da reforma proposta por Sebastião José de Carvalho e Melo (1699-1782), marquês de Pombal, indica que a Universidade preparava a maioria dos seus alunos (84%) para carreiras eclesiásticas. Na opinião de Manuel Alberto Carvalho Prata<sup>875</sup>, no final do século XVIII a sociedade portuguesa ainda tinha uma estruturação social organizada em ordens-clero, nobreza e terceiro estado, com os correspondentes estatutos comportamentais, própria do Velho Regime. Nessa sociedade, os filhos segundos e terceiros da nobreza egressos de Coimbra, privados de herança em virtude do sistema de morgadio, encontravam nas carreiras eclesiásticas uma boa maneira de ganhar a vida. O mesmo ocorria com os filhos de proprietários abastados. No entanto, a reforma pombalina irá propor uma nova universidade com ensino baseado em novos saberes úteis e necessários, os quais muito dependeriam do ensino das ciências físicas e da matemática. A Universidade de Coimbra estaria contida dentro de um projeto de uma nova sociedade apoiada por uma burguesia forte<sup>876</sup>. Todavia, o ensino mais pragmático proposto como reforma à Universidade já estava ocorrendo, havia várias décadas, nas aulas ministradas àqueles que seguiam a formação de engenheiros militares.

## **X.5 A moderna formação dos engenheiros militares luso-brasileiros**

Nas primeiras décadas do século XVIII se procurou levar o ensino de Artilharia para outros regimentos além de Lisboa. Para isso, foram criadas as *Aulas Regimentais*. A primeira, em Viana do Minho, hoje Viana do Castelo, foi

---

<sup>874</sup>FILGUEIRAS, 1998.

<sup>875</sup>PRATA, 2000, p.299.

<sup>876</sup>MAXWELL, 1997.

criada em 1701, quando ainda reinava em Portugal D. Pedro II (r.1683-1706). Mas o conhecimento de Artilharia pouco avançaria sem o estudo da matemática necessária. Em 20 de junho de 1701, um decreto do rei determinava que as aulas de fortificação e artilharia fossem organizadas com a respectiva preparação matemática<sup>877</sup>. Nesse mesmo decreto, se estabelecia que os que se aplicassem ao estudo e adquirissem doutrina seriam preferidos na ascensão da carreira militar, no lugar daqueles que não tivessem a devida instrução recomendada. Os fidalgos não devem ter recebido bem este decreto, porque estavam acostumados a uma ascensão garantida pela força da Casa que representavam e não por seus saberes e competência. Mas, ao que parece, o decreto não alcançou os resultados esperados. Em 1732, D. João V ainda recomendava, sem obrigar, que a ascensão na carreira militar dependesse da devida formação obtida nas Aulas Regimentais que, naquele ano, além de Lisboa e Viana do Minho, passaram a contar com mais duas, uma no Alentejo, em Elvas, e outra na Beira, em Almeida.

As primeiras obras escritas em português como objetivo de formar artilheiros continham os saberes que já existiam além dos Pirineus, eram proibidos pela Inquisição e apareceram na forma de manuscritos, provavelmente como uma estratégia para fugir ao controle que o Santo Ofício mantinha sobre as obras impressas.

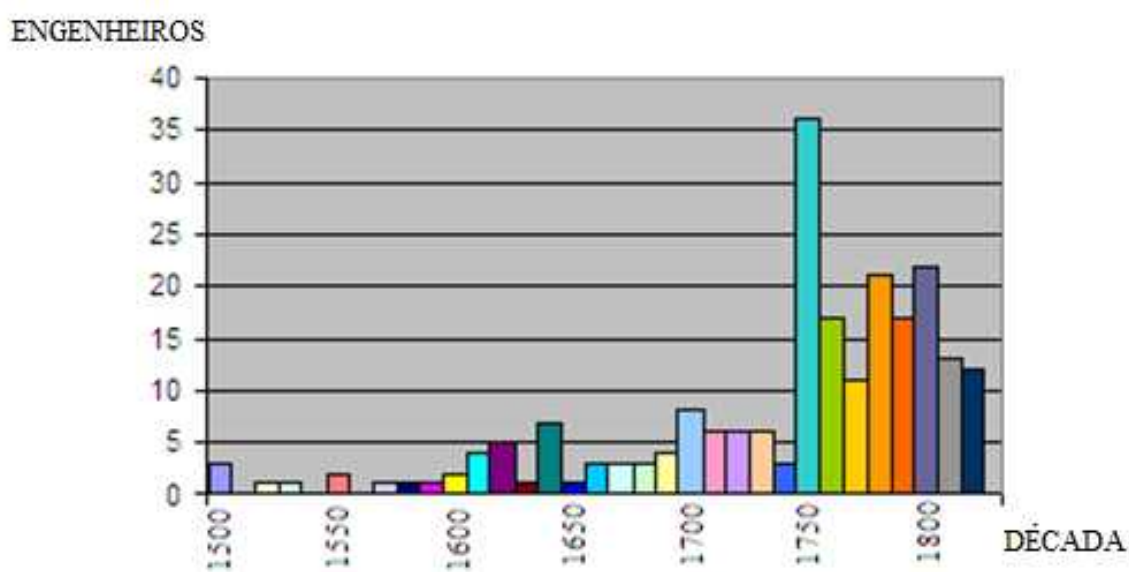
Como já foi evidenciado em outro capítulo, das primeiras oito obras sobre Artilharia, as cinco primeiras eram manuscritas. O autor da segunda e terceira obras, Vila Lobos, e seu neto Alpoim, autor da sétima e da oitava, pertenceram ao mesmo Regimento, o de Viana do Minho, fato que atesta que ali funcionava uma Aula diferente das demais, um centro de excelência no ensino de Artilharia, que mais tarde também foi o local de formação do matemático autodidata Anastácio da Cunha (1744-1787).

O ensino da Artilharia também introduziria o Brasil na modernidade. A Invasão Francesa ao Rio de Janeiro, em 1711, fez ver ao mundo a incompetência do sistema de defesa do principal porto das colônias portuguesas, por onde fluía o ouro proveniente de Minas Gerais. Como

---

<sup>877</sup>BOTELHO, 1944, v.2, p.13.

consequência da invasão, ficava claro que o esforço de modernização em Portugal deveria ser, na verdade, luso-brasileiro<sup>878, 879</sup>. Assim sendo, os melhores engenheiros militares do reino passaram a ser enviados para o Brasil, como José Pinto Alpoim, para que na colônia ensinasse os saberes necessários à boa formação de artilheiros e bombeiros. Por decreto de D. João V<sup>880</sup>, em 1738, foi criada a *Aula* do Terço de Artilharia do Rio de Janeiro. No Brasil, como já afirmamos anteriormente, José Fernandes Pinto Alpoim escreveu *Exame de Artilheiros e Exame de Bombeiros*.



**Figura X-162:** Número de engenheiros militares que Portugal enviou para o Brasil em cada década da colonização. Fonte dos dados: TAVARES, Aurélio de Lyra; *A Engenharia Militar Portuguesa na Construção do Brasil*, Biblioteca do Exército, Rio de Janeiro, 2000.

No ano de 1750 foi elaborado, sob a influência da rainha da Espanha, D. Maria Bárbara de Bragança, irmã de D. João V, rei de Portugal, o Tratado de Madri, que demarcava as fronteiras entre o Brasil e as colônias espanholas. Para atender às novas necessidades cartográficas e de defesa das fronteiras, houve, neste período, um aumento do número de engenheiros militares que a

<sup>878</sup>MARTINS, R.V.; 2010, pp. 56-65.

<sup>879</sup>MARTINS, R.V.; 2006.

<sup>880</sup>Decreto do Rei D. João V, de 13 de agosto de 1738, AHU, CV0-17, Doc. 3215, caixa 30; Catálogo de Cartas Régias, 1662-1821, Arquivo Nacional, I, 472, Ordem Régia de 19 de agosto de 1738

Metrópole enviou para o Brasil, como se pode notar no gráfico mostrado na Figura X-162. O tratado, negociado pelo ministro Alexandre de Gusmão, desagradava aos principais personagens da Corte espanhola e aos jesuítas de ambos os reinos. O rei de Portugal, D. José I, e o seu ministro, Sebastião José de Carvalho e Melo, mantinham-se atentos ao fato. O ministro Carvalho mantinha informado Gomes Freire de Andrade, governador do Rio de Janeiro desde 1735, que em 1748 passou a ter, sob sua jurisdição, todo o Sul do Brasil. Porém, apesar da atitude de má-fé que os espanhóis tinham em relação ao Tratado, o rei ordenava ao governador do Rio que se cumprissem rigorosamente os compromissos assumidos. O Tratado caducou em 1761, quando passaram a se intensificar as disputas territoriais no sul do Brasil. Em 1763, estando Portugal interessado nos territórios ao norte do Rio Prata, e coincidentemente ocorrendo o surto de mineração, sobe de importância na colônia a cidade Rio de Janeiro, para onde se resolve transferir a sede do governo<sup>881</sup>. Em 1767, como persistiam os conflitos no sul do Brasil, Portugal resolveu agir com mais vigor, enviando três regimentos para o Rio de Janeiro: o de Moura, o de Extremoz e o de Bragança.

A opção portuguesa em matéria militar era meramente defensiva. No início do século, a Guerra da Sucessão na Espanha e a Invasão Francesa ao porto do Rio de Janeiro foram dois eventos que mostraram a todos a incompetência militar de Portugal. Durante o longo período de paz que veio a seguir, interrompido apenas pela Guerra dos Sete Anos (1756-1763), Portugal fez muito pouco para alcançar a modernidade da época. Diante desta nova ameaça externa, o país optou pela velha solução, contratar no exterior, em troca de um grande endividamento, o necessário para manter o rei de pé. A Inglaterra prestou socorro a Portugal, enquanto a diplomacia portuguesa agiu no sentido de retardar a ação de um possível invasor externo. A ajuda contratada à Inglaterra, segundo Nuno Gonçalo Monteiro<sup>882</sup>, demonstrou o estado de abandono em que se encontrava o exército português, ao qual faltava quase tudo: armas, homens e munição:

---

<sup>881</sup>MAGALHÃES, 1948, p.4.

<sup>882</sup>MONTEIRO, 2008, p. 194-195.

Entre outras coisas, a Inglaterra enviou para Portugal: um mestre-de-campo, dois sargentos-mores de batalha e um quartel-mestre-general; um numeroso corpo de infantaria e cavalaria, estimado em 6000 soldados de infantaria e cerca de 600 efetivos de cavalaria; armas de artilharia de todo o tipo; armas de tiro ligeiras avaliadas em dezenas de milhar e respectivas munições; tendas de campanha; algumas centenas de cavalos; **um crédito para pagar as compras** [o grifo é meu].

Para as nações mais ricas e poderosas, a guerra era uma excelente fonte de riquezas.

Uma avaliação do estado miserável em que se encontrava o exército português, feita pelos ingleses, culminou com a vinda para Portugal, em 1762, do conde Guilherme de Schaumbourg Lippe que, com apenas 38 anos, se tornou marechal-general e diretor de todas as armas do exército. A grande habilidade de Lippe para realizar manobras defensivas e a incompetência da Espanha e França na tentativa de invadir Portugal em diversas frentes e com objetivos não coincidentes, permitiram que o novo sistema defensivo de Portugal evitasse a invasão de seu território. Na época, a imprensa britânica, acerca do comportamento militar dos portugueses, anunciou que, durante o conflito, a esquadra portuguesa permaneceu pronta no Tejo para partir para o Brasil com os membros da família real, como voltou a ocorrer em 1807, quando da invasão francesa ao território português<sup>883</sup>.

A partir da Restauração, o primeiro exército permanente criado em Portugal passou a ter seus principais cargos de comando hegemonzados por um grupo restrito de fidalgos sem formação na Arte da Guerra, os quais, apenas porque eram nascidos nas principais Casas do reino, tornaram esses ofícios quase hereditários<sup>884</sup>. Com a reforma do exército desenvolvida por Lippe, um quarto do total dos oficiais do exército com posto de brigadeiro para cima passou a ser ocupado por estrangeiros<sup>885</sup>, o que em muito desagradou à nobreza, acostumada a ver seus membros ocupando tais postos de comando. No entanto, os nobres insistiam em não se dedicarem ao estudo da ciência e

---

<sup>883</sup>MONTEIRO, 2008, p.200.

<sup>884</sup>*Idem*, p.201.

<sup>885</sup>*Idem*, p.204.

da matemática na “academia militar”<sup>886</sup>, uma atitude que já tinha sido denunciada por Manoel de Azevedo Fortes quando tornou pública sua opinião em *O Engenheiro Português*. Na segunda metade do século XVIII, as carreiras eclesiásticas continuavam a ser o maior atrativo entre os membros da elite cultural portuguesa egressa da universidade de Coimbra. A necessidade de dar uma educação diferenciada à fidalguia e inclinar seu ânimo para a aprendizagem da matemática e da ciência, de acordo com os progressos do século, já tinha sido anunciada, em 1715, pelo embaixador D. Luís da Câmara Vernei, que lastimava a ignorância e o conservadorismo da nobreza portuguesa, opinião compartilhada, mais tarde, por Ribeiro Sanches, que também reforçava a ideia da necessidade de uma instituição destinada à educação dos filhos das melhores famílias. Nas *Cartas sobre a Educação da Mocidade*, Sanches procurou mostrar como era o funcionamento dos colégios militares de cadetes em outras nações, que formavam os filhos da elite na Rússia, na Áustria, na França, na Dinamarca, na Suécia e na Prússia<sup>887</sup>. Em 7 de março de 1761, com a criação do *Colégio dos Nobres* se pretendia finalmente dar uma nova formação à elite portuguesa através de uma instituição similar à Escola Militar de Paris<sup>888</sup>. No entanto, em 1762, apesar da falta de quadros e de meios técnicos para a modernização do exército português, se fez a opção para que o Colégio dos Nobres fosse uma instituição híbrida em detrimento de um colégio de cadetes<sup>889</sup>.

O Colégio dos Nobres tinha um orçamento fabuloso para suportar suas despesas com a contratação de professores estrangeiros, assim como para a aquisição de equipamentos e máquinas para equipar seu gabinete de Física, considerado um dos melhores da Europa. Na escola, cerca de cem alunos deveriam permanecer como internos vivendo dentro de um microcosmo cortesão e exercitando as regras de civilidade e de boas maneiras que vigoravam na Europa civilizada. Para alargar a competência cultural dos alunos, eles estudariam praticando as ciências experimentais por meio do

---

<sup>886</sup>Vale lembrar que apesar de Portugal não ter tido uma academia militar até 1790, era um hábito denominar de Academia o espaço onde se aplicavam as Aulas, como fez Manoel de Azevedo Fortes, provavelmente para valorizar a formação oferecida aos militares.

<sup>887</sup>ARAÚJO, 2000, p.34.

<sup>888</sup>ARAÚJO, 2000, p.33.

<sup>889</sup>*Idem*, p.35.

acesso à leitura, em vários idiomas, de autores modernos<sup>890</sup>. As casas titulares, no entanto, resistiram à ideia de colocar seus filhos em um colégio que, durante o recrutamento dos alunos, não distinguia a descendência legítima da bastarda nem discriminava primogênitos de segundogênitos, assim como permitia o acesso de meninos de nascimento obscuro, oriundos de famílias ambiciosas e abastadas. No Colégio criado em 1761, e que apenas em 1766 iniciou suas atividades docentes, as quais se estenderam até 1772, não estudaram mais do que 34 internos<sup>891</sup>. Diante do fracasso, Pombal encerrou as atividades no Colégio dos Nobres e transferiu para Coimbra todos os instrumentos que equipavam o Gabinete de Física Experimental, assim como o professor de Física Dalla Bella, que tinha sido contratado na Itália para ensinar e formar uma nova elite em Portugal<sup>892</sup>.

No fim do período pombalino (1777), a primeira nobreza representava pouco mais da metade dos oficiais superiores do exército. A hierarquia militar, porém, ainda mantinha um cunho fortemente aristocrático. Não há dúvida de que, com as reformas pombalinas, o estatuto da nobreza foi fortemente abalado em diversos setores da administração pública, mas dentro do exército, a ação de Pombal não foi tão eficiente<sup>893</sup>.

No último quartel dos oitocentos, após a morte de D. José I e a consequente queda de Pombal, nem tudo regressou ao curso anterior. Novos progressos ocorreram no sentido de modernizar Portugal no campo das ciências, mesmo durante a *Viradeira*. No reinado de D. Maria I (r.1777-1816), surgiram importantes instituições para o fomento da pesquisa. Em 1779, foi criada a Academia Real das Ciências e em 1790, a primeira academia militar de Portugal, denominada Real Academia de Artilharia, Fortificação e Desenho. Em 1792, no Rio de Janeiro, também foi criada uma academia militar. O período de apenas dois anos separando a fundação das duas academias militares demonstra que, no final do século, a Metrópole ainda procurava trazer consigo o Brasil nos seus esforços de modernização.

---

<sup>890</sup> *Idem*, p.35.

<sup>891</sup> *Idem*, p.35.

<sup>892</sup> MARTINS, D. R.; 1997, pp.22-23.

<sup>893</sup> MONTEIRO, 2008, pp. 243-248.



Em 1807, diante da ameaça de uma nova invasão francesa, o exército português ainda se mostrava incapaz de defender o território de Portugal. Ao príncipe regente D. João, na opinião de Rui Ramos<sup>894</sup>, diante da invasão iminente, restavam apenas duas considerações. A primeira, expressa pelo secretário de Estado D. Rodrigo de Sousa Coutinho (conde de Linhares), considerando que a maior parte das receitas do Estado tinha origem no comércio que ligava o Brasil à Europa, perder o Brasil seria perder quase tudo. A segunda consideração, tão importante quanto a primeira, tinha a ver com Napoleão. Era impossível confiar em alguém que, no resto da Europa, já depusera muitos monarcas e se apossara dos seus Estados. Não se poderia deixar o príncipe regente à mercê de um exército francês, mesmo que este viesse para Lisboa com a suposta missão de proteger Portugal dos ingleses. A melhor opção seria a partida do príncipe regente e sua Corte para o Brasil. No ano seguinte, a família real espanhola, que optou por se aliar aos franceses, assustada pelo modo como Napoleão introduziu suas tropas na Espanha, tentou fugir para suas colônias na América, mas não conseguiu porque foi capturada e obrigada a abdicar em favor de Napoleão.

A partida da família real portuguesa para o Brasil, escoltada pela esquadra inglesa, foi seguida, no desembarque na foz do rio Mondego, em 1 de agosto de 1808, de um exército inglês que iniciou a guerra contra os franceses, que durou até 1814. Da guerra resultou a ascendência da Inglaterra sobre o governo de Portugal. Em 1808, o exército português foi reconstituído de raiz pelo general William Beresford, que assumiu o seu comando. Em junho de 1810, o exército francês composto por 65 mil homens, comandado pelo marechal Massena, um dos melhores generais de Napoleão, entrou em Portugal pela Beira Alta em direção a Lisboa. À sua espera estava a força armada inglesa formada por 31 mil homens, sob o comando do general Charles Wellesley, futuro duque de Wellington, aos quais se uniram 26 mil portugueses. Os franceses foram incapazes alcançar Lisboa e acabaram por se retirar de Portugal em outubro de 1811. Em janeiro de 1813, quando Wellington visitou Lisboa, atravessou as ruas de Lisboa por entre a multidão entusiástica. No teatro de São Carlos, sentou-se no lugar do rei, o que pareceu natural a um

---

<sup>894</sup>RAMOS, 2012, p.441.

dos seus oficiais, porque “ele foi, para todos os efeitos, rei de Portugal”<sup>895</sup>. Ao que parece, por mais uma vez, em 1807, Portugal optou pela velha solução de contratar no exterior um exército que lhe trouxesse a modernidade perdida em troca do endividamento econômico da nação.

## X.6 Conclusão

O balanço final das reformas propostas por Pombal na Universidade de Coimbra, assim como da reforma do exército português, leva-nos à conclusão de que o marquês não errou na avaliação das necessidades, mas talvez na estratégia. O progresso do país dependia da estimulação, em moldes modernos, do ensino da Matemática e das Ciências. Na década de sessenta, a ação de Pombal provocou por vezes um desestímulo de importantes setores da vida intelectual do país, produzindo, assim, certo vazio pedagógico e científico. Em Coimbra, mesmo após a reforma universitária, as Faculdades Jurídicas continuaram a ser as mais procuradas pelos alunos. O número de alunos da recém-criada Faculdade de Matemática não parou de diminuir, provavelmente porque não existiam saídas profissionais, no entanto, na outra recém-criada Faculdade de Filosofia, surgiu um fato novo: uma boa percentagem dos alunos ordinários era originária do Brasil. Com a morte de D. José e a consequente queda do poder do marquês de Pombal, houve a tentativa de retomada do poder por forças conservadoras que entraram em choque com um novo espírito burguês já instalado em Portugal, o que fez com que, mesmo após a *Viradeira*, não se abandonasse o esforço de modernização e fossem criadas a Academia de Ciências de Lisboa e as primeiras academias militares em Portugal e no Brasil. A sociedade portuguesa, no entanto, não abandonou sua organização própria do Velho Regime. A primeira nobreza, à qual eram entregues os principais cargos da República, insistia em se manter afastada dos estudos nas Academias Militares, em uma época em que a guerra se fazia com ciência. No início do século IX, o príncipe regente D. João, sob a ameaça da iminente invasão de Portugal pelo exército francês e diante da incompetência do exército português, optou pela velha solução que consistia na contratação de

---

<sup>895</sup>RAMOS, 2012, p. 447.

um exército estrangeiro que trouxesse para Portugal a modernidade perdida em troca do endividamento da nação. Uma das mais poderosas nações da Europa no século XV, após três séculos se mostrava incompetente para defender o território da sua Metrópole porque foi incapaz de restaurar a modernidade perdida.

## CONCLUSÕES

Em 1807, quando o rei de Portugal e sua Corte se transferiram para o Brasil, surgiu uma questão que não quer calar. Por que motivo aquela que havia 300 anos era uma poderosa nação, digna de um gigantesco império, ocupando uma posição de vanguarda em relação às outras nações da Europa, no início do século do século XIX foi incapaz de defender seus territórios? Uma nação de vanguarda no século XV tinha se transformado em um Estado obsoleto. O que teria sido necessário para Portugal fazer sua restauração à modernidade da época? Foi com essas questões que iniciei este trabalho, consciente da dificuldade de responder a qualquer questão que se envolvesse com o conceito de modernidade, um conceito efêmero, que se desfaz no ar como fumaça e que existe apenas ligado ao seu antagônico, o conceito de obsolescência. Ambos os conceitos apenas se aplicam a uma época e local. Assim sendo, a modernidade a que me referi neste trabalho esteve sempre em referência às condições que permitiram a uma nação se apropriar do saber necessário à conquista da vanguarda na arte de fazer a guerra. Esta é a modernidade que dava a uma nação o poder de impor seus interesses às demais, que se tornaram obsoletas, e alimentava as guerras entre nações. A liberdade de uma nação era uma conquista que se fazia com armas, homens, técnica e ciência.

O estudo das técnicas necessárias para produzir as armas modernas tornou claro que durante a expansão marítima portuguesa, a partir do século XV, as riquezas provenientes das novas rotas comerciais permitiram a Portugal a contratação dos melhores artesãos para com eles alcançar a modernidade da época. As naves, transformadas em fortalezas flutuantes, garantiram o domínio militar sobre vários portos do mar Índico, assim como sobre as rotas comerciais. As armas de fogo já eram conhecidas no Oriente quando lá chegaram os navegantes portugueses. Porém, como possuíam melhores estratégias, suas armas se mostraram mais eficientes. No entanto, à medida

que os adversários aprendiam novas estratégias e conquistavam novos aliados, o domínio português na região tornava-se cada vez mais difícil, e foi necessário continuar avançando para o oriente através de mares nunca antes navegados para lá estabelecer novas rotas comerciais. Os arsenais localizados na costa ocidental da Índia, como o de Goa, deram a Portugal a modernidade necessária para manter o controle militar da região, o qual pouco a pouco foi sendo perdido para os navegantes holandeses, ingleses e franceses, atraídos para a região pela cobiça. Em meados do século XVI, após Portugal ter-se mantido afastado por mais de um século dos conflitos militares da Europa, a nação portuguesa era uma nação obsoleta, apesar de possuir, nessa época, um dos maiores arsenais do mundo. As armas não possuem valor absoluto. Em 1578, na batalha de Alcácer Quibir, as estratégias inadequadas conduziram as forças portuguesas a uma completa derrota, e o rei D. Sebastião à morte no campo de batalha. O consequente domínio da Espanha sobre toda a Península Ibérica durante 60 anos, um período em que as sucessivas guerras a tornou uma nação economicamente exaurida, muito facilitou, em 1640, o retorno de um rei português ao trono. No entanto, a carência de recursos financeiros transferiu para o século XVIII qualquer possibilidade de Portugal retomar a busca pela modernidade perdida.

Em 1711, a invasão francesa ao porto do Rio de Janeiro tornou evidente a incompetência do sistema de defesa de um dos principais portos de Portugal, por onde fluía todo o ouro proveniente das Minas Gerais, o qual atraía a cobiça de outras nações. Em um sistema de defesa em que faltava quase tudo, um grande esforço de modernização seria necessário para conduzir Portugal à modernidade da época. Como não bastavam as armas e munições, mas também homens com os saberes necessários para pôr um rei de pé, a modernização dependia de um ensino militar capaz de formar os necessários engenheiros, artilheiros e bombeiros. Esse ensino dependia da publicação de textos didáticos escritos em português e nos quais se deveria evitar fazer referência a fontes cujos autores tivessem sido condenados pela Inquisição. O primeiro texto impresso destinado a formar os engenheiros construtores de modernas fortificações, *O Engenheiro Português*, de Manoel de Azevedo Fortes, não encontrou oposição dos censores do Santo Ofício, o que se

entende considerando que a física que lhe dava sustentação, a Estática, não possuía qualquer conteúdo conflitante com os interesses da Igreja. No entanto, o mesmo não se poderia dizer da ciência que dava sustentação à formação dos modernos oficiais de Artilharia, a Cinemática e a Dinâmica. Assim sendo, os textos necessários precisavam ser mantidos em circulação como manuscritos, o que evitava o controle dos censores sobre seus conteúdos. A publicação não seria possível sem que se burlasse o controle que os censores mantinham sobre as obras publicadas, o que provavelmente pode ter ocorrido com o *Exame de Bombeiros*, de José Fernandes Pinto Alpoim. Por outro lado, a possibilidade de censura da obra não nos permite considerá-la um indicador de modernidade da nação portuguesa. A abertura que permitiu a circulação da obra impressa por Alpoim foi apenas uma janela que se abriu, mas que rapidamente se fechou. Na segunda metade do século, autores modernizadores como Anastácio da Cunha, que introduziu nas Aulas Regimentais portuguesas a proibida física newtoniana, apenas poderiam ter seus textos circulando como manuscritos. No entanto, foram esses textos que fizeram ver ao Marquês de Pombal que os saberes úteis e necessários que se pretendia introduzir na Universidade de Coimbra através da reforma universitária já estavam sendo ensinados havia décadas de uma forma clandestina nas Aulas do Regimento. A conclusão era óbvia: a modernização não poderia ocorrer estando em rota de colisão com os interesses da Igreja. A Reforma Pombalina, que procurou fortalecer a burguesia portuguesa e enfraquecer o poder da Igreja, tirou da clandestinidade os saberes úteis e necessários à modernização do ensino militar. Os livros de autores modernos, que D. João V já havia permitido nas bibliotecas, finalmente encontrariam quem falasse por eles, inclusive fora das academias militares, na universidade. Apesar disso, no Exército as reformas pombalinas não foram tão eficazes, e os principais cargos de comando continuavam a ser entregues aos membros da Primeira Nobreza que não se dedicavam ao estudo da Arte da Guerra nas academias militares, como havia ocorrido nas principais nações da Europa. Em Portugal, apenas no último quartel do século XVIII é que houve a criação das academias de ciência e militar, o que torna evidente que durante o reinado de D. Maria I continuaram a ocorrer novos esforços de modernização, apesar do afastamento de Pombal e o avanço do poder de forças conservadoras em

busca de privilégios perdidos. No entanto, no início do século XIX, uma nova invasão francesa demonstrou por mais uma vez a incompetência do sistema de defesa de Portugal, ao que se deu a velha solução: “*Casa arrombada, trancas às portas*”. No estrangeiro se contrataram as forças armadas, que já traziam consigo a modernidade necessária para manter o rei de pé. A nação portuguesa sofria as consequências de não ter cultivado, ao longo dos anos, o saber necessário para libertar e modernizar uma nação, um saber capaz de produzir o novo, um saber que não pretendesse apenas pôr o rei de pé, mas mantê-lo de pé, um saber que nunca estará à venda porque precisa ser conquistado pelas elites culturais de cada nação nas suas academias.

## REFERÊNCIAS

ADAMS, Simon; ARNOLD, Thomas F.; BLACK, Jeremy; GUILMARTIN JR, John F.; JONES, Colin; LYNN, John A.; PARKER, Geoffrey; PARROTT, David A.; ROBERTS, Michael; ROGERS, Clifford J.; THOMPSON, I.A.A.. ***The Military Revolution Debate – Readings on the Military Transformation of Early Modern Europe***. Colorado: Edited by Clifford J. Rogers, Perseus Books Group, 1995.

ADAMS, Simon. ***Tactics or Politics? “The Military Revolution” and the Hapsburg Hegemony, 1525-1648***. In: *The Military Revolution Debate – Readings on the Military Transformation of Early Modern Europe*. Colorado: Edited by Clifford J. Rogers, Perseus Books Group, 1995.

ÁGOSTON, Gábor. ***Guns for the Sultan/Military Power and Weapons Industry in the Ottoman Empire***. Cambridge University Press, 2009.

AGRICOLA, Georgius (1556). ***De Re Metallica***. Translated from the first latin edition of 1556 by Herbert Clark Hoover and Lou Henry Hoover. New York: Dover Publications, 1950.

ALLAN, James. ***Introduction***. In: Hoyland, Robert G.; Gilmour, Brian; *Medieval Islamic Swords and Swordmaking; Kindi’s treatise “On swords and their kinds”* (edition, translation, and commentary). Oxford: Gibb Memorial Trust, 2006.

ALPOIM, José Fernandes Pinto (1744). ***Exame de Artilheiros***. Reprodução fac-similar. Rio de Janeiro: Biblioteca Reprográfica Xérox, 1987.



ALPOIM, José Fernandes Pinto (1748). **Exame de Bombeiros**. Cópia digital da obra, Biblioteca da Ajuda, Ministério da Cultura, Instituto Português do Patrimônio Arquitetônico, Palácio Nacional da Ajuda, Lisboa.

ALQUIÉ, Ferdinand; BEAUDE, Joseph; COSTABEL, Pierre; POLIN, Raimond; RUSSO, F. **Galileu, Descartes e o Mecanismo**. Lisboa: Gradiva, 1987.

AMADO, José Carlos. **História de Portugal**. Vol.2. Lisboa: Editorial Verbo, 1966.

ANDRADA, Ruth Beatriz S. Caldeira de; CASTRO, Adler Homero Fonseca de. **O Pátio Epitácio Pessoa e seu acervo**. Rio de Janeiro: Museu Histórico Nacional, 1993.

AQUINO, Rubim Santos Leão de; ALVARENGA, Francisco Jaques Moreira de; FRANCO, Denize de Azevedo; LOPES, Oscar Guilherme Pahl Campos. **História das Sociedades – Das sociedades modernas às sociedades atuais**. 32ª edição. Rio de Janeiro: Editora Ao Livro Técnico, 1995.

ARAÚJO, Ana Cristina (coordenação). **O Marques de Pombal e a Universidade**. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra, 2000.

ARAÚJO, João Manoel de. **Apontamentos de Pyrotechnia**. Rio de Janeiro: Ministério da Guerra, Imprensa Nacional, 1913.

ARQUIVO HISTÓRICO MILITAR. **Artilharia Histórica Portuguesa fabricada em Portugal**. Lisboa: Museu Militar, 1998.

BEBIANO, Rui. **A Arte da Guerra**. In: BEBIANO, Rui; COSTA, Fernando Dores; DOMINGUES, Francisco Contente; HESPANHA, Antonio Manuel; LOBATO, Manuel; MONTEIRO, Nuno Gonçalo; PUTONI, Pedro; RODRIGUES, José Damião; RODRIGUES, Vitor. *Nova Historia Militar de Portugal*. Direção de

Manuel Themudo Barata e Nuno Severiano Teixeira e coordenação de Antônio Manuel Hespanha. Volume 2. Portugal: Circulo dos Leitores, 2004.

BETHENCOURT, Francisco. **História das Inquisições: Portugal, Espanha e Itália – Séculos XV-XIX**. 5ª reimpressão da edição de 2000. São Paulo: Companhia das Letras, 2004.

BICALHO, Maria Fernanda. **A Cidade e o Império – O Rio de Janeiro no século XVIII**. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2003.

BIRINGUCCIO, Vannoccio (1540). **The Pirotechnia**. Translated from the Italian with introduction and notes by Cyril Stanley Smith & Martha Teach Gnudi, American Institute of Mining and Metallurgical Engineers, 1959. Massachusetts: First M.I.T. Press Paperback Edition, 1966.

BOORSTIN, Daniel J. **Os Descobridores – De como o homem procurou conhecer-se a si mesmo e ao mundo**. Tradução de Fernanda Pinto Rodrigues. 2ª edição. Rio de Janeiro: Editora Civilização Brasileira, 1989.

BOSCO, Johannes de Sacro (c.1478). **Tractatus de Sphaera / Tratado da Esfera**. Tradução de Roberto de Andrade Martins. São Paulo: Universidade Estadual de Campinas, 2006.

BOTELHO, José Justino Teixeira. **Novos Subsídios para a História da Artilharia Portuguesa**. Volumes 1 e 2. Lisboa: Publicações da Comissão de História Militar, 1944.

BRAGA, Marco; GUERRA, Andréia; REIS, José Cláudio. **Breve História da Ciência Moderna (Idade Média) - Convergência de Saberes. Vol.1**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 2003.

BRONOWSKI, Jacob. ***The Ascent of Man***. Boston/Toronto: Little, Brown and Company, 1974.

BUCCHANAN, Brenda J. ***Editor's Introduction: Setting the Context***. In: *Gunpowders, Explosives and the State – A Technological History*. Bath: Edited by Brenda J. Buchanan, University of Bath (UK), 2006a.

BUCCHANAN, Brenda J. ***Saltpetre: A Commodity of Empire***. In: *Gunpowders, Explosives and the State – A Technological History*. Edited by Brenda J. Buchanan, University of Bath (UK), 2006b.

CANIATO, Rodolpho. **O Céu**, v.1. São Paulo: Edart, 1967.

CARVALHO, Ayres de. **Aulas de Artilharia**. Biblioteca da Marinha, Rio de Janeiro, 1920.

CARVALHO, Rômulo de. **A Física Experimental em Portugal no Século XVIII**. Lisboa: Ministério da Educação e das Universidades, Biblioteca Breve, v. 63, 1982.

CASTRO, Adler Homero F, BITTENCOURT, José Neves. **Armas, ferramentas da paz e da Guerra**. Rio de Janeiro: BIBLIEX, 1991.

CASTRO, Celso; IZECKSON, Vitor; KRAAY, Hendrik. **Nova História Militar Brasileira**. Primeira Edição. Rio de Janeiro: Editora Bom Texto, 2004.

CAVALCANTI, Nireu. **O Rio de Janeiro Setecentista. A vida e a construção da cidade da invasão francesa até a chegada da Corte**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 2004.

COARACY, Vivaldo (1882-1967). **Memórias da Cidade do Rio de Janeiro**. Terceira Edição. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1988.

COHEN, I. Bernard. **O Nascimento de Uma Nova Física**. São Paulo: Editora Edart, 1967.

COPÉRNICO, Nicolau (1566). **As Revoluções dos Orbes Celeste**. Tradução de A. Dias Gomes e Gabriel Domingues a partir do texto latino *De Revolutionibus Orbium Coelestium*. Lisboa: editado pela *Officina Henricpetrinan*, Basileia, Fundação Calouste Gulbenkian, 1984.

CORDEIRO, João Manuel. **História da Artilheria Portuguesa**. Portugal: Typographia do Commando Geral da Artilheria, 1895.

CROWLEY, R.. **1453 – A Guerra Santa por Constantinopla e o confronto entre o Islã e o Ocidente**. Brasil: Edição Rosari, 2009.

COSTABEL, Pierre. **História da Mecânica**. In: ALQUIÉ, Ferdinand; BEAUDE, Joseph; COSTABEL, Pierre; POLIN, Raimond; RUSSO, F. *Galileu, Descartes e o Mecanismo*. Lisboa: Gradiva, 1987.

CUNHA, José Anastácio. **Factos contra calumnias. Resposta de José Anastácio da Cunha a alguns logares de um libello intitulado: Parte de uma carta do Dr. José Monteiro da Rocha, etc., etc.** (*Inédito que possuía o sócio da Academia Real das Sciencias, Manuel Bernardo Lopes Fernandes, o qual autorisou a publicação por intermédio do seu collega Innocencio Francisco da Silva*) [sic]. In: In: *Actas do Colóquio Internacional seguidas de uma antologia de texto, Anastácio da Cunha, 1744/1787, o matemático e o poeta*; Coordenação: Maria de Lurdes Ferraz, José Francisco Rodrigues, Luís Saraiva; Seleção de textos e introdução: José Francisco Rodrigues, Luís Saraiva. Lisboa: Imprensa Nacional – Casa da Moeda, 1987a.

CUNHA, José Anastácio (c.1769). **Carta Fisico-Mathemática sobre a theoria da pólvora em geral, e a determinação do melhor comprimento da peças em particular**. In: *Actas do Colóquio Internacional Anastácio da Cunha O*

matemático e o Poeta, seguida de uma antologia de textos, 1987. Lisboa: Universidade de Lisboa, Imprensa Nacional-Casa da Moeda, 1987b.

CUNHA, José Anastácio (c.1760). **Ensaio sobre as Minas**. In: Coleção Estudos e Manuscritos 3, Arquivo Distrital de Braga. Braga: Universidade do Minho, 1994.

CUNHA, Antonio Geraldo. **Dicionário Etimológico**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1982.

DAEHNHARDT, Rainer. **Introdução**. In: FIOSCONI, César; GUSEIRO, Jordam. *Espingarda Perfeita – Regras para sua operação com circunstâncias necessárias para o seu artifício, e doutrina úteis para o seu melhor acerto*. Oficina de Antonio Pedrozo Galram, Lisboa Ocidental, 1718. Cascais, Portugal: Edited and translated by Rainer Daehnhardt and W. KKeith Neal, Sothedy Parker Bernet, London & New York, Sociedade Portuguesa de Armas Antigas, 1974.

DAEHNHARDT, Rainer. **Espingarda Feiticeira – A introdução da Arma de Fogo pelos Portugueses no Extremo-Oriente**. Portugal: Texto Editora, 1994.

DAVIS, Tenney L.. **The Chemistry of Powder & Explosives**. First Printed in 1943. Las Vegas: Angriff Press, 1998.

**DICCIONARIO MARITIMO BRAZILEIRO**. Organizado por uma comissão nomeada pelo Governo Imperial, sendo ministro da marinha o conselheiro Affonso Celso de Assis Figueiredo, direção do Barão de Angra. Rio de Janeiro: Marinha do Brasil, 1877.

DRAKE, Stillman. **Galileu**. Mestres do Passado. Lisboa: Publicações Dom Quixote, 1981.

DRAKE, Stillman. **Dos Discorsi de Galileu aos Principia de Newton**. In: 350 ANOS DOS “DISCORSI INTORNO A DUE NUOVE SCIENZE” DE GALILEU GALILEI. Coordenação de Fernando Lobo. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro/COPPE, 1989.

DUGUAY TROUIN, René (1740). **O Corsário: uma invasão francesa no Rio de Janeiro – Diário de Bordo**. Tradução de Carlos Ancedê Nougé. Rio de Janeiro: Bom Texto, 2002.

ELIADE, Mircea. **Ferreiros e Alquimista**. Brasil: Zahar Editores, 1979.

FAZENDA, José Vieira (Antigo bibliotecário do Instituto Histórico e Geográfico Brasileiro). **Antiquilhas e Memórias do Rio de Janeiro**. Revista do Instituto Histórico e Geográfico Brasileiro – fundado em 1838; Tomo 95 – v.149 (2ª edição). Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, 1943.

FAUSTO, Bueno. **História do Brasil**. São Paulo: Edusp, 1998.

FERRAZ, Antonio Maximo Gomes. **Estudo das Bocas de Fogo**. Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, Bibiex, 1905.

FERRAZ, Márcia Helena Mendes. **A produção do salitre no Brasil colonial**. Química Nova, Volume 23, No. 6. São Paulo: Sociedade Brasileira de Química, 2000.

FERREIRA, Arnaldo Medeiros. **Fortificações Portuguesas no Brasil**. Portugal: Edições ELO, 2004.

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Novo Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa**. Brasil: Editora Positivo, 1ª edição eletrônica, 2004.

FERREZ, Gilberto. **Organização da Defesa. Fortificações.** Revista do Instituto Histórico e Geográfico Brasileiro, Volume 288, julho-setembro. Rio de Janeiro: IHGB, 1970.

FERREZ, Gilberto. **O Rio de Janeiro e a defesa do seu porto 1555-1800.** Brasil: Serviço de Documentação Geral da Marinha, 1972.

FILGUEIRAS, C. A. L.. **João Manso Pereira, químico empírico do Brasil colonial.** Química Nova, Volume 16, No. 2. São Paulo: Sociedade Brasileira de Química, 1993.

FILGUEIRAS, C. A. L.. **Havia alguma ciência no Brasil setecentista?** Química Nova, Volume 21, No. 3. São Paulo: Sociedade Brasileira de Química, 1998.

FILGUEIRAS, C. A. L.. **A História da Ciência e o objeto de seu estudo: confrontos entre a ciência periférica, a ciência central e a ciência marginal.** Química Nova, Volume 24, No. 5. São Paulo: Sociedade Brasileira de Química, 2001.

FILGUEIRAS, C. A. L.. **Lavoisier, O estabelecimento da Química Moderna.** Imortais da Ciência. São Paulo: Editora Odysseus, 2002.

FILGUEIRAS, C. A. L., MARTINS, Ricardo V., PIVA, Teresa C.C.. **Gunpowder Production and Use in Eighteenth-Century Brazil.** Leiden (head office)/Boston, Massachusetts (branch office): BRILL, Vulcan, The International Journal of the Social History of Military Technology, ISSN: 2213-459X, E-ISSN: 2213-4603, 2013.

FIOSCONI, César; GUSEIRO, Jordam (1718). **Espingarda Perfeita – Regras para sua operação com circunstâncias necessárias para o seu artifício, e doutrina úteis para o seu melhor acerto.** Oficina de Antonio Pedrozo Galram, Lisboa Ocidental. Cascais, Portugal: Edited and translated by Rainer

Daehnhardt and W. KKeith Neal, Sothedy Parker Bernet, London & New York, Sociedade Portuguesa de Armas Antigas, 1974.

FLOR, Fernando R. de la. ***La Frontera de Castilla – El Fuerte de la Concepción y la arquitectura militar del Barroco y la Ilustración***. Espanha: Diputación de Salamanca – Departamento de Cultura, 2003.

FLORES, Claudia. **Saber, tecnologia e representação na arte Militar do século XVII: a propósito da obra de Luís Serrão Pimentel**. Educação Matemática Pesquisa, v. 10, n. 2, pp. 279-293. São Paulo: PUC-SP, 2008.

FORTES, Manoel de Azevedo (1728). **O Engenheiro Português**. Tomo I, Edição *fac-símile*. Lisboa: Imprensa Nacional – Casa da Moeda, 1993a.

FORTES, Manoel de Azevedo (1729). **O Engenheiro Português**. Tomo II, Edição *fac-símile*. Lisboa: Imprensa Nacional – Casa da Moeda, 1993b.

FUNBEC. **Os Cientistas**. São Paulo: Abril Cultural, 1972.

GALILEI, Galileu (1632). **Diálogos sobre os dois máximos sistemas de mundo ptolomaico e copernicano**. Tradução, introdução e notas: Pablo Rubén Mariconda. São Paulo: Editora 34, 2011.

GALILEI, Galileu (1638). ***Das Novas Ciências: Discorsi e Dimostrazioni Matematiche, intorno a due nuoue Scienze attenenti alla Meccanica & Movimenti Locali***. Tradução e notas: Letizio Mariconda e Pablo R. Mariconda. Istituto Italiano di Cultura, 2ª edição. São Paulo: Nova Stella, 1988.

GALUPPINI, Gino. ***Warships of the world, an illustrated encyclopedia***. New York: Military Press, 1989.



GILMOUR, Brian. *Kindi's "On swords and their kinds" Commentary*. In: HOYLAND, Robert G.; GILMOUR, Brian; *Medieval Islamic Swords and Swordmaking; Kindi's treatise "On swords and their kinds" (edition, translation, and commentary)*. Oxford: Gibb Memorial Trust, 2006.

GIORDAN, Mário Curtis. *História do Mundo Árabe Medieval*. Rio de Janeiro: Editora Vozes, 1992.

GOODY, Jack. *O roubo da história/Como os europeus se apropriaram das idéias e invenções do Oriente*. São Paulo: Editora Contexto, 2008.

GUAYDIER, Pierre. *História da Física*. Tradução de António Manuel Gonçalves. Portugal: Edições 70, 1983.

GUEDES, Max Justo. *Hidrografos Franceses ao Longo da Costa Brasileira, 1965-1710*. Navigator, subsídios para a história marítima do Brasil, Nº 17. Brasil: Serviço de Documentação Geral da Marinha, 1981.

GUILMARTIN Jr, John F. *Os canhões do Santíssimo Sacramento*. Navigator, subsídios para a história marítima do Brasil, Nº 17, jan-dez. Brasil: Serviço de Documentação Geral da Marinha, 1981.

HALL, Bert S. *Introduction*. In: PARTINGTON, J. R., *A History of Greek Fire and Gunpowder*. London: The Johns Hopkins University Press Baltimore and London, 1999.

HENSHALL, Kenneth. *História do Japão*. Portugal: Edições 70, 2008.

HESPANHA, Antonio Manuel. *As vésperas do Leviathan – Instituições do poder político – Portugal século XVII*. Coimbra: Livraria Almedina, 1994.

HESPAÑA, Antonio Manuel. **Introdução**. In: Nova História Militar de Portugal, v.2. Portugal: Círculo dos Leitores, 2003.

HOLANDA, Sérgio Buarque de. **Raízes do Brasil**. Primeira edição 1936, 26ª edição. São Paulo: Companhia das Letras, 19ª reimpressão, 2004.

HOWARD, Robert A.. **Realities and Perceptions in the Evolution of Black Powder Making**. In: *Gunpowders, Explosives and the State – A Technological History*. Bath: Edited by Brenda J. Buchanan, University of Bath (UK), 2006.

HORN, Pierre L. **Os Grandes Líderes – Luís XIV**. São Paulo: Nova Cultural, 1987.

HOYLAND, Robert G.; GILMOUR, Brian. **Medieval Islamic Swords and Swordmaking; Kindi's treatise "On swords and their kinds"**. Oxford: Edition Gibb Memorial Trust, 2006.

HUTTON, Charles. **Notes**. In: ROBINS, Benjamin. *New Principles of Gunnery* (1742). A new edition corrected, and enlarged, with addition of several notes, by Charles Hutton. London: Printed for F. Wingrave, 1805.

JOHNSON, W. **Collected Works on Benjamin Robins & Charles Hutton**. Índia: Phoenix Publishing House PVT Ltda, 2001.

KHAN, Iqtidar Alam. **The Indian Response to Firearms, 1300-1750**. In: *Gunpowders, Explosives and the State – A Technological History*. Bath: Edited by Brenda J. Buchanan, University of Bath (UK), 2006.

KEEGAN, John. **Uma História da Guerra**. São Paulo: Editora Schwarcz Ltda, 2006.

KELLY, JACK. ***Gunpowder – Alchemy, bombards, e Pyrotechnics: The History of the Explosive that Changed the World***. New York: Basic Books, 2005.

KNAUSS, Paulo. **O Brasil, terra de corsários. Du Clerc e Duguay-Trouin. O Conde d'Estaing**. In: MARIZ, Vasco (Organizador). *Brasil-França: Relações Históricas no Período Colonial*. Brasil: Biblioteca do Exército Editora, 2006.

KOYRÉ, Alexandre. **Estudos Galilaicos**. Lisboa: Publicações Dom Quixote, 1986.

LANDGRAF, Fernando José G., TSHIPTSCHIN, André P., GOLDENSTEIN, Hélio. **Notas sobre a História da Metalurgia no Brasil (1500-1850)**. In: *História da Técnica e da Tecnologia no Brasil*. VARGAS, Milton (coordenador). São Paulo: Editora Unesp, 1994.

LEWIS, Davi Levering. **O Islã e a formação da Europa de 570 a 1215**. Brasil: Editora Manole Ltda, 2010.

LIMA, A. de Azevedo. **Termos Náuticos: (Nautical Terms) in English – Portuguese**. 5ª edição. Brasil: Ministério da Marinha, Serviço de Documentação Geral da Marinha, 1981.

LOPES, Fernando (c.1430-1460). **Crônicas de Fernão Lopes**. Seleção, introdução e notas por Maria Ema Tarracha Ferreira, 1ª edição (1984). Portugal: Biblioteca Ulisseia de Autores Portugueses, 4ª edição, 2000.

LOSEE, John. **O Homem e a Ciência – Introdução Histórica da Filosofia da Ciência**. Rio de Janeiro: Editora Itatiaia, 2000.

MAGALHÃES, J. B.. **A Defesa do Rio de Janeiro no Século XVIII**. Revista do Instituto Histórico e Geográfico Brasileiro, Volume 200. Rio de Janeiro: IHGB, 1948.

MAQUIAVEL, Nicolau (1519-1520). **A Arte da Guerra**; tradução de Eugênio Vinci de Moraes de *Dell'arte della guerra* a partir das obras completas de Maquiavel organizadas por Francesco Flora e Carlos Cordie (*Tutte le opere di Niccolò Machiavelli*. Milão: Arnoldo Mondadori, 1949, v.2). Coleção L&PM POCKET vol. 676. Porto Alegre, Brasil: Editora L&PM, 2010.

MARCADÉ, Jacques; MARTINIÈRE, Guy; SILVA, Maria Beatriz Nizza. **Nova História da Expansão Portuguesa: O Império Luso-Brasileiro 1620-1750**. Direção de Joel Serrão e A. H. de Oliveira; coordenação de Frédéric Mauro (Universidade de Paris), Volume 7. Portugal: Editorial Estampa, 1991.

MARTINS, Décio Ruivo. **Aspectos da Cultura Científica Portuguesa até 1772**. Dissertação apresentada para Doutoramento em Física, Especialidade de História e Ensino da Física, Universidade de Coimbra, 1997.

MARTINS, Décio Ruivo. **As Ciências Físico-Matemáticas em Portugal e a Reforma Pombalina**. In: *O Marquês de Pombal e a Universidade*, Coordenação de Ana Cristina Araújo. Portugal: Imprensa da Universidade de Coimbra, 2000.

MARTINS, R.V.. **A Invasão Francesa ao Rio de Janeiro em 1711 e a Moderna Formação Técnica dos Capitães de Artilharia no Brasil**. Dissertação Mestrado em História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia, orientada por Carlos Alberto Lombardi Filgueiras - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil, 2006.

MARTINS, R. V. **Onde estão os canhões de ferro fabricados em Portugal até o século XVIII?** Livro de Anais: Programa de Pós-Graduação em História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia – HCTE, Scientiarum Historia II,

Encontro Luso-Brasileiro de História da Ciência, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil, 2009a.

MARTINS, R.V.. **A Invasão Francesa e o despreparo da artilharia portuguesa.** *In: Ciência Hoje*, n° 257, vol.43, Março. Brasil: Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), 2009b.

MARTINS, R.V.. **A Falta de Padronização na Artilharia Luso-Brasileira no Século XVIII.** *In: Tecnologia & Cultura*, Ano 11, n°14, jan/jun. Rio de Janeiro: CEFET/RJ, 2009c.

MARTINS, R.V.. **A Invasão Francesa e o despreparo da artilharia portuguesa.** *In: Memória Hoje*, v.3, Ciências Humanas, pp. 56-65, Ciência Hoje & FAPERJ. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), 2010.

MARTINS, R. V.; FILGUEIRAS, C. A. L. **A Invasão Francesa ao Rio de Janeiro em 1711 sob a análise da Cartografia Histórica.** *In: Simpósio Brasileiro de Cartografia Histórica*, 1<sup>o</sup>, 2011, Paraty, Anais do I Simpósio Brasileiro de Cartografia Histórica. Rio de Janeiro: Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), 2011.

MARTINS, R. V.; FILGUEIRAS, C. A. L. **A Restauração de Portugal à Modernidade no Século XVIII.** *In: Congresso Luso-Brasileiro de História das Ciências*, Universidade de Coimbra, Portugal, 2011.

MARTINS, R. V.; FILGUEIRAS, C. A. L. **A Restauração de Portugal à Modernidade no Século XVIII.** *In: FIOLEAIS, Carlos; SIMÕES, Carlota; MARTINS, Décio. História da Ciência Luso-brasileira – Coimbra entre Portugal e o Brasil.* Editado pela Imprensa da Universidade de Coimbra, Universidade de Coimbra, Portugal, 2013.

MARYAN, A. P. **La Salle, o fugitivo da Fortaleza de Santa Cruz (RJ)**. 3ª edição. Rio de Janeiro: Imp. Markgraph, 1997.

MASCARENHAS, José Manuel. **Portuguese Overseas Gunpowder Factories. in Particular Those of Goa (Índia) and Rio de Janeiro (Brazil)**. In: *Gunpowders, Explosives and the State – A Technological History*. Bath: Edited by Brenda J. Buchanan, University of Bath (UK), 2006.

MAXWELL, K.. **Marquês de Pombal – Paradoxo do Iluminismo**. Segunda edição. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1997.

McNEILL, William H. **The Pursuit of Power**. Chicago: The University of Chicago Press, 1992.

MIRACONDA, Pablo Rubén. **Introdução**. In: GALILEI, Galileu. *Dois Novas Ciências: Discorsi e Dimostrazioni Matematiche, intorno a due nuove Scienze attenenti alla Mecânica & Movimenti Locali, 1638*. Tradução e notas: Letizio Mariconda e Pablo R. Mariconda. Istituto Italiano di Cultura. São Paulo: Nova Stella, 2ª edição, 1988.

MOREIRA, Ildeu de Castro. **Galileu e o Ensino de Física**. In: 350 ANOS DOS “DISCORSI INTORNO A DUE NUOVE SCIENZE” DE GALILEU GALILEI; coordenação de Fernando Lobo. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro/COPPE, 1998.

MONTEIRO, Nuno Gonçalo Freitas. **O Crepúsculo dos grandes/A casa e o patrimônio da Aristocracia em Portugal (1750-1832)**. Temas portugueses. Lisboa: Imprensa Nacional-Casa da Moeda, 2003.

MONTEIRO, Nuno Gonçalo. **D. José**. Temas e Debates. Portugal: Círculo dos Leitores e Centro de Estudos dos Povos e Culturas de Expressão Portuguesa, 2008.

MONTEIRO, Nuno Gonçalo. **Idade Moderna (Séculos XV-XVIII)**. In: RAMOS, Rui (coordenador); SOUSA, Bernardo Vasconcelos e; MONTEIRO, Nuno Gonçalo. *História de Portugal*. Lisboa: A Esfera dos Livros, 2012.

MÜHLHÄUSLER, Mark; HOYLAND, Robert. **Swords in Arabic Poetry**. In: HOYLAND, Robert G.; GILMOUR, Brian. *Medieval Islamic Swords and Swordmaking; Kindi's treatise "On swords and their kinds*. Oxford: Edition Gibb Memorial Trust, 2006.

NEAL, W. Keith. **Espingarda Feiticeira – A introdução da Arma de Fogo pelos Portugueses no Extremo-Oriente**. Portugal: Texto Editora, 1994.

NEEDHAM, Joseph. **The Development of Iron and Steel Technology in China**. Second Biennial Dickinson Memorial Lecture to the Newcomen Society 1956. New York: Published for The Newcomen Society, 1964.

NEEDHAM, Joseph. **Science & Civilisation**. In: *China/General Conclusions and Reflections*. Volume VII:2. Cambridge: Edited by Kenneth Girdwood Robinson, Cambridge University Press, 2010.

OLIVEIRA, Mário Mendonça. **As Fortificações Portuguesas de Salvador quando Cabeça do Brasil**. Salvador, Bahia: Fundação Gregório Mattos, 2004.

PANCIERA, Walter. **Venetian Gunpowder in the Second Half of the Sixteenth Century: Production, Storage, Use**. In: *Gunpowders, Explosives and the State – A Technological History*. Bath: Edited by Brenda J. Buchanan, University of Bath (UK), 2006.

PARDAL, Paulo. **Nota biográfica sobre José Fernandes Pinto Alpoim (1700-1765) e Análise Crítica sobre o Exame de Artilheiros**. In: ALPOIM, José Fernandes Pinto (1744). *Exame de Artilheiros*. Reprodução fac-similar. Rio de Janeiro: Biblioteca Reprográfica Xérox, 1987.

PARKER, Geoffrey. ***The Army of Flanders and the Spanish Road (1567-1659)***. First edition (1972). New York: Cambridge University Press, 2004.

PARKER, Geoffrey. ***The Military Revolution – Military innovation and the rise of the West 1500-1800***. Second Edition (1988). New York: Cambridge University Press, 2008a.

PARKER, Geoffrey. ***The ‘Military Revolution, 1560-1660?’ A Myth?*** In: *The Military Revolution Debate – Readings on the Military Transformation of Early Modern Europe*, edited by Clifford J. Rogers. Second edition (1996). United States of America: Westview Press, 2008b.

PARTINGTON, J.R. (1886-1965). ***A History of Greek Fire and Gunpowder***. First published 1960 by W. Heffer & Sons, Ltd.. New York: Cambridge University Press, 1999.

PASSOS, Alexandre. ***O Rio no Tempo do “Onça” (Século XV ao XVIII)***. 4ª edição, Livraria São José, Rio de Janeiro, 1965.

PIRASSINUNGA, Adailton Sampaio. ***O Ensino Militar no Brasil (Período Colonial)***. Rio de Janeiro: Biblioteca do Exército, 1958.

PIVA, Teresa Cristina de Carvalho. ***O Brigadeiro Alpoim: Um politécnico no cenário luso-brasileiro do século XVIII***. Tese apresentada ao Programa de História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro para obtenção do título de Doutor em Ciências. Orientador: Carlos Alberto Lombardo Filgueiras, Brasil, 2007.

PIVA, Teresa C.C.; FILGUEIRAS, Carlos A. L.. ***O Fabrico e uso da Pólvora no Brasil Colonial: O Papel de Alpoim na Primeira Metade do Século XVIII***. *Química Nova*, Volume 31, No. 4, 930-936. São Paulo: Sociedade Brasileira de Química, 2008.



POLLAK, Martha. ***Cities at war in early modern Europe***. New York: Cambridge University Press, 2010.

PRATA, Manuel Alberto Carvalho. **A Universidade e a Sociedade Portuguesa na 2ª Metade do Século XVIII**. In: *O Marquês de Pombal e a Universidade*. Coordenação de Ana Cristina Araújo. Portugal: Imprensa da Universidade de Coimbra, 2000.

PUNTONI, Pedro. **Lutas ao sul do Brasil (1680-1770)**. In: BEBIANO, Rui; COSTA, Fernando Dores; DOMINGUES, Francisco Contente; HESPANHA, Antonio Manuel; LOBATO, Manuel; MONTEIRO, Nuno Gonçalo; RODRIGUES, José Damião; RODRIGUES, Vitor. *Nova História Militar de Portugal*. Direção de Manuel Themudo Barata e Nuno Severiano Teixeira e coordenação de Antônio Manuel Hespanha. Volume 2. Portugal: Circulo dos Leitores, 2004a.

PUNTONI, Pedro. **A arte da guerra no Brasil: tecnologia e estratégia militares na expansão da fronteira da América portuguesa (1550-1700)**. In: CASTRO, Celso; IZECKSOHN, Vitor; KRAAY, Hendrik; PUNTONI, Pedro; MELLO, Christiane Figueiredo de; NOGUEIRA, Shirley Maria Silva; MENDES, Fábio Faria; FONSECA, Paloma Siqueira; SOUZA, Adriana Barreto de; DURATIOTO, Francisco Fernando Monteoliva; BEATTIE, Peter M.; NASCIMENTO, Álvaro Pereira do; MAXIMIANO, Cesar Campiani; FERRAZ, Francisco César Alves; SMALLMAN, Shawn C.; LEMOS, Renato; D'ARAUJO, Maria Celina. *Nova História Militar Brasileira*. Rio de Janeiro: FGV editora / Bom Texto, 2004b.

QUINTELA, António C.; CARDOSO, João Luís; MASCARENHAS, José Manuel de. ***The Barcarena Gunpowder Factory: Its History and Technological Evolution between the Seventeenth and Twentieth Centuries***. In: *Gunpowders, Explosives and the State – A Technological History*. Bath: Edited by Brenda J. Buchanan, University of Bath (UK), 2006.

RAMOS, Rui. ***Invasões francesas, tutela inglesa e monarquia brasileira (1807-1820)***. In: RAMOS, Rui (coordenador); SOUSA, Bernardo Vasconcelos e; MONTEIRO, Nuno Gonçalo. *História de Portugal*. A Esfera dos Livros, Lisboa, 2012.

REAL, Miguel de Figueiredo Corte. ***A Construção Naval na Ilha de São Miguel, nomeadamente na ribeira da povoação nos séculos XVI e XVII***. Açores, Ponte Delgada: Edição S.A.A., 1970.

REIS, Amphiloquio. ***Dicionário Técnico da Marinha***. Rio de Janeiro, 1947.

REMY, Surirey de Saint. ***Memoires D'Artillerie***. Paris: Gallica/ BnF (cópia digital), 1697.

RESTON, James Jr.. ***Galileu – uma vida***. Rio de Janeiro: Editora José Olympio, 1995.

REY, Mario Del. ***Armaduras Japonesas – Cultura e História do Japão***. São Paulo: Editora Madras, 2008.

RIBEIRO, Dulcyene Maria. ***A formação dos engenheiros militares: Azevedo Fortes, Matemática e ensino da Engenharia no século XVIII em Portugal e no Brasil***. Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Educação, Área de Concentração: Ensino de Ciências e Matemática. Orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos Brolezzi., São Paulo, 2009.

ROBERTS, Michael. ***The Military Revolution, 1560-1660***. In: *The Military Revolution Debate – Readings on the Military Transformation of Early Modern Europe*. United States of America: edited by Clifford J. Rogers, Westview Press, 1995.

ROBINS, Benjamin (1742). ***New Principles of Gunnery***. A new edition corrected, and enlarged, with addition of several notes, by Charles Hutton, London: Printed for F. Wingrave (Digitized by Google: <http://boobs.google.com/>), 1805.

RODRIGUES, José Francisco; SARAIVA, Luis. **Apresentação: elementos para a contextualização da obra matemática de J. A. da Cunha e das polémicas que na sua época suscitou**. In: *Actas do Colóquio Internacional seguidas de uma antologia de texto, Anastácio da Cunha, 1744/1787, o matemático e o poeta*; Coordenação: Maria de Lurdes Ferraz, José Francisco Rodrigues, Luís Saraiva; Seleção de textos e introdução: José Francisco Rodrigues, Luís Saraiva. Lisboa: Imprensa Nacional – Casa da Moeda, 1987

RODRIGUES, Albino J.. **Introdução**. In: FORTES, Manoel de Azevedo. *O Engenheiro Português*. Tomo I, editado em 1728 e Tomo II editado em 1729. Edição *fac-símile*. Lisboa: Imprensa Nacional – Casa da Moeda, 1993.

ROGERS, Clifford J. ***The Military Revolution of Hundred Years War***. In: *The Military Revolution Debate – Readings on the Military Transformation of Early Modern Europe*. United States of America: edited by Clifford J. Rogers, Westview Press, 1995.

RONAN, Colin A. **História Ilustrada da Ciência – Universidade de Cambridge – Da Renascença à Revolução Científica**. Brasil: Jorge Kahar Editor, 1987.

ROSA, Luiz Pinguelli. **Comentário sobre a crítica da contribuição de Galileu à Física**. In: *350 ANOS DOS “DISCORSI INTORNO A DUE NUOVE SCIENZE” DE GALILEU GALILEI*. Coordenação de Fernando Lobo. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro/COPPE, 1989.

SANTOS, Sueli de Fátima de Oliveira Miranda Santos. **Produção de carvão vegetal em cilindros metálicos verticais: alguns aspectos referentes a**

**sustentabilidade.** Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Área de Concentração: Gestão Industrial, do Departamento de Pesquisa e Pós-Graduação, do Campus Ponta Grossa, da UTFPR, orientada por Kazuo Hatakeyama, PhD, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa, Departamento de Pós-Graduação, Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Ponta Grossa, Dezembro de 2007.

SAGAN, Carl. **Cosmos**. Rio de Janeiro: Editora Francisco Alves, 1985.

SARAIVA, José Hermano. **História Concisa de Portugal**. 3ª edição. Portugal: Coleção Saber, Publicações Europa-América, 1979.

SEARS, Francis Weston. **Física: Mecânica; Acústica; Calor**. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico, 1953.

SERRÃO, José. **Evocação de José Anastácio da Cunha (1744-1787)**. In: *Anastácio da Cunha 1744/1787: o matemático e poeta*; Actas do colóquio internacional, Coordenação: Ferraz, M. de Lurdes; Rodrigues, J. Francisco; Saraiva, Luís; Antologia de Textos: Rodrigues, J. Francisco; Saraiva, Luís. Estudos Gerais / Série Universitária. Lisboa: Imprensa Nacional, Casa da Moeda, 1987.

TAVARES, Aurélio de Lyra. **A Engenharia Militar Portuguesa na construção do Brasil**. 2ª edição. Rio de Janeiro: Biblioteca do Exército, 2000.

TEIXEIRA FILHO, Álvaro. **Roteiro Cartográfico da Baía de Guanabara e cidade do Rio de Janeiro, século XVI e XVII**. Rio de Janeiro: Livraria São José, 1975.

TELLES, Pedro Carlos da Silva. **História da Engenharia no Brasil – Séculos XVI a XIX**. 2ª edição. Rio de Janeiro: Clube de Engenharia, 1994.

TELLES, Pedro Carlos da Silva. **A Construção Naval no Brasil**. 1ª edição. Rio de Janeiro: Fundação Cultural Monitor Mercantil, 2004.

TOLEDO, Benedito Lima de. **O Real Corpo de Engenheiros na Capitania de São Paulo: destacando-se a obra do Brigadeiro João da Costa Ferreira**. São Paulo: João Fortes Engenharia, 1981.

THUILLIER, Pierre. **Epistemologia, Cultura, Pedagogia: A primeira jornada do Discorsi**. In: 350 ANOS DOS “DISCORSI INTORNO A DUE NUOVE SCIENZE” DE GALILEU GALILEI. Coordenação de Fernando Lobo. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro/COPPE, 1989.

THUILLIER, Pierre. **De Arquimedes a Einstein: A face oculta da invenção científica**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 1994.

VALLE, Henrique Pereira. **Ecos da Índia; desfazendo uma lenda. A peça de Banastarim; espalhafatos e ronqueiras**. Separata da Revista de Artilharia, Lisboa, 1963.

VARGAS, Milton. **Introdução**. In: *História da Técnica e da Tecnologia no Brasil*. VARGAS, Milton (coordenador). São Paulo: Editora Unesp, 1994.

VERÍSSIMO, Inácio José. **História Militar do Rio de Janeiro nos séculos XVI e XVII**. Revista do Instituto Histórico e Geográfico Brasileiro, Volume 288. Rio de Janeiro: IHGB, 1970.

VIEIRA, Belchior. **O ensino científico-militar em Portugal no século XVIII – Anastácio da Cunha, discípulo da Aula de Artilharia da Praça de Valença do Minho**. In: *Anastácio da Cunha 1744/1787: o matemático e poeta*; Actas do colóquio internacional, Coordenação: Ferraz, M. de Lurdes; Rodrigues, J. Francisco; Saraiva, Luís; Antologia de Textos: Rodrigues, J. Francisco; Saraiva, Luís. Estudos Gerais / Série Universitária. Portugal: Imprensa Nacional, Casa da Moeda, 1987.

VICENTINO, Cláudio. *Brasil: Período colonial e Independência*. São Paulo: Editora Scipione, 1995.

VILLA, Fernando Puell de la. *História del ejército em Espana*. Madrid : Alianza Editorial, 2003.

VILAR, Pierre. *História de Espana*. Barcelona: Grijalbo Mondadori, 1997.

VITERBO, Sousa. **O Fabrico da pólvora em Portugal**. Revista Militar, ano 48, Portugal, 1896.

VITERBO, Sousa. **Fundidores de Artilharia**. Lisboa: Typographia Universal (Imprensa da Casa Real), 1901.

VITERBO, Sousa. **Artes e Indústrias Metálicas em Portugal - Serralheiro e Ferreiros**. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra, 1904.

VITERBO, Sousa. **A Armaria em Portugal – Notícia documentada dos fabricantes de armas brancas que exerceram a sua profissão em Portugal**. Memória apresentada à Academia Real das Sciencias de Lisboa. Lisboa: Typografia da Academia, 1907.

VITERBO, Sousa. **A Armaria em Portugal – Notícia documentada dos fabricantes de armas de arremesso e de fogo, besteiros, viroteiros, arcabuzeiros, espingardeiros, etc, que exerceram a sua indústria no nosso paiz [sic]**. Memória apresentada à Academia Real das Sciencias de Lisboa. Lisboa: Typografia da Academia, 1908.

WEATHERFORD, Jack. **Gengis Khan e a Formação do Mundo Moderno**. Primeira edição (2004). Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil Ltda, 2010.

WILSON, James. **Preface** (1761). In: ROBINS, Benjamin. *New Principles of Gunnery* (1742). A new edition corrected, and enlarged, with addition of several notes, by Charles Hutton. London: Printed for F. Wingrave, 1805. (Digitized by Google).

## **ANEXO I – A ARMARIA EM PORTUGAL: Fabricantes de armas brancas que exercem a sua profissão em Portugal - Um resumo da Memória apresentada à Academia Real das Ciências de Lisboa por seu sócio correspondente Sousa Viterbo (1907).**

### **Introdução**

O povo português se manteve em estado de guerra durante séculos, enquanto conquistava palmo a palmo o solo de Portugal e suas diversas colônias. Uma gigantesca conquista feita através da força das armas que não seria possível sem a ação dos armeiros que fabricavam e cuidavam das armas. Para a fabricação das armas brancas muito contribuíram os artesão mouros e judeus, que eram peritos nas artes metálicas em geral e no fabrico das armas em particular<sup>896</sup>. A perseguição religiosa os fizeram partir, com exceção daqueles que se converteram ao cristianismo, como foi o caso da família dos *Fains*, que como cristãos novos se dedicavam ao fabrico de lanças em Tavira, no Algarve<sup>897</sup>.

A venda de armas se fazia por um tabelamento de preço que foi estabelecido pela primeira vez em 1253, com a força de uma lei editada por D. Afonso III, que taxava muitos os preços dos gêneros, mercadorias e artefatos, que inicialmente deveria valer na região de Entre Douro e Minho, mas que certamente passou a valer em todo o país<sup>898</sup>.

Uma grande diversidade de especialidades de armeiros estava envolvida na confecção de armas, como: azuladores de cabos de espadas; barbeiros *sacaladores* de espadas; cabeiros de espada; douradores de espadas e estribos, esporas e freios; espadeiros e lanceiros.

---

<sup>896</sup> VITERBO, Sousa. *Armaria em Portugal – Notícia documentada dos fabricantes de armas brancas que exerceram a sua profissão em Portugal*. Memória apresentada à Real Academia das Ciências de Lisboa, Lisboa, 1907, p. 3.

<sup>897</sup> VITERBO, 1907, p..3.

<sup>898</sup> VITERBO, 1907, p.3



### Lista dos Armeiros pela ordem cronológica da sua atividade.

Século XIV	
1375	Vicente (Afonso)
1383-1385	Guimarães (João de)
1384	Martins (Alvaro)
1391	Alberto
1391	Giraldes
Século XV	
1421	Velho (Diogo)
1431	Annes (João)
1433-1436	Lourenço (Vasco)
1434-1440	Pires (Afonso, 2º)
1435	Afonso (Lourenço)
1436	Fernandes (Nicolau)
1436	Vasques (Afonso)
1436	Vaz (Afonso)
1438	Pires (Afonso)
1438	Pires (João)
1439	Annes (Gonçalo)
1439-1481	Gil (Martin)
1442-1451	Afonso (João)
1442-1451	Lisboa (Afonso de)
1443	Alvares (Fernand)
1444	Annes (Joane, 2º)
1444	Gomes (João)

1445	Vicente (Afonso 2º)
1446	Milanez (Christovão)
1446	Rodrigues (Estevão)
1449	Annes (João 2º)
1450	Cosem (Saul)
1450	Gonçalves (Gonçalo)
1450	Martins (Luiz)
1451	Gonçalves (Afonso)
1451	Gonçalves (Marcos)
1451	Timal
1452	Garcia (Antão)
1455	Martins (Fernão)
1456-1483	Annes (Braz)
1456	Gonçalves (Gil)
1456	Rodrigues (João)
1459	Domingues (João)
1459	Mortagua (João de)
1462	Garcia (Bartholomeu)
1466	Madeira (Lopo)
1468-1471	Annes (Pero)
1476	Leitão (Fernão)
1476	Martins (João)
1477-1480	Elvas (João de)
1478-1484	Afonso (Fernando)
1478	Luboa

1483	Calaforra ou Calahorra (Jacob)
1483	Vicente (Pero)
1484	Gomes (Fernão 4º)
1485	Gonçalves (Alvaro)
1487	Belhamin
1488	Alvares (Gil)
1488	Pires (João, 2º)
1490	Lopes (João)
1490-1496	Rodrigues (Fernão)
1490-1496	Rodrigues (João)
1491-1524	Gonçalves (Luiz)
SÉCULO XVI	
15..	Carvalho (Antônio)
15..	Teixeira (Manuel)
1502	Gonçalves (Fernão)
1505	Annes (Alvaro)
1506	Esforça (Gonçalo de Contreiras)
1506	França (João de)
1507-1529	Martins (Afonso)
1508-1534	Andrade (Diogo de)
1508-1524	Carneiro Faim (Gomes)
1508	Faim (Nuno Fernandes)
1508-1525	Gomes (Fernão, 1º)
1508	Rodrigues (Francisco)

1509	Alvares (Bartholomeu)
1509	Fernandes Faim (Gomes)
1509	Vaz (Alvaro)
1510	Taborda (Afonso)
1511	Afonso (Gonçalo)
1513-1536	Pires (Lançarote)
1514-1524	Fernandes (João)
1514	Lopes (André)
1514	Pedro (João)
1515	Pires (Lançarote)
1516-1528	Annes (Joane, 2º)
1517	Dias (Francisco)
1520-1530	Dias (João)
1521-1530	Alvares (Pedro)
1521	Fernandes (João, 2º)
1521-1529	Martins (Pero)
1521	Paiva (João de)
1521-1522	Pires (Afonso, 3º)
1522	Fernandes (Luiz)
1522	Garcia (Gomes)
1522	Lopes (André, 2º)
1523-1539	Aguilar (João de)
1523	Homem (Pedro)
1523	Mendes (Pero)
1524	Fernandes (Vicente)

1524	Galindo (Fernão)
1524	Luiz (Martim)
1524	Martins (Antão)
1524	Rodrigues (Manuel)
1525	Fernandes (Pero)
1525	Gomes (Fernão, 2º)
1525	Ruçola (Diogo de)
1526	Gomes (Pero)
1527	Annes ou Eannes (Joane ou João)
1527	Annes ou Eannes (Pedro)
1527	Castanheda (Gaspar de)
1527	Fernandes (Antonio)
1527	Gonçalves (Nicolau)
1527	Pires (Afonso, 4º)
1527	Pires (Fernão)
1528	Alvares (Afonso)
1528	Antão (Palos ou Paulo)
1528	Rodrigues (Alvaro)
1529	Alvares (André)
1529	Bargado (Rodrigo)
1529	Martins (Pero)
1530	Gomes (João, 2º)
1531	Caceres (Francisco de)

1532	Lopes (Bento)
1534	Biscainho (Pero)
1534-1570	Fernandes (Bernaldim ou Bernardim)
1534	Moura (Francisco de)
1535	Fernandes (Salvador)
1536	Dias (Jeronymo)
1536	Fernandes (Francisco)
1538	Costa (Ruy da)
1538	Trosilho((João de)
1539	Bieta (Martim de)
1539	Garcia (Martim)
1539	Lopes (Francisco)
1539	Rocola (João de)
1540	Fernandes (Pero)
1540	Gomes (Fernão)
1540	Lopes (Inigo)
1541-1544	Mendes (Nicolau)
1542	Gonçalves (Fernão)
1542	João (Mestre)
1543	Rodrigues (Cosme)
1544	Pires (Sebastião)
1545	Dias (Lopo)
1545	Fernandes (Luiz, 2º)
1546	Dias (Pero)
1546	Paes (Gabriel)

1547	Alvares (André, 2º)
1548	Caceres (Belchior de)
1548-1562	Fernandes (Gonçalo)
1548-1575	Gonçalves (Ciprião)
1548	Martins (Francisco)
1548	Pimentel (Alvaro)
1549	Dias (Pero, 2º)
1549	Fernandes (Matheus)
1549	Gomes (Pero, 2º)
1549	Pires (Antônio, 2º)
1549	Rodrigues (João, 3º)
1550	Paulo (Bernadino)
1551	Toscano (Antonio)
1551	Toscano (Jorge)
1552	Afonso (João, 2º)
1552	Fernandes (Jeronymo)
1552	Peres (João)
1552	Peres (Sebastião)
1553	Afonso (Gonçalo, 2º)
1558-1570	Manhoz (Balthazar)
1558-1570	Manhoz (Rodrigo)
1563	Ruysol (Martim de)
1564	Fernandes (Diogo)
1565	Garcia de Lianes (João)
1565	Garcita (Gregorio de)

1565	Martinez de Marcuyda (João)
1565	Orquieva (João de)
1566	Vieira (Gonçalo Nunes)
1566	Iracaval (Nicolau)
1570	Fernandes (Heitor)
1570	Lopes (João, 2º)
1572	Fernandes (Antônio)
1572	Afonso (Gonçalo, 3º)
1573	Fernandes (Pero, 3º)
1573	Peres (Martim)
1574	Lucas (Mestre)
1574-1587	Manhorca (Balthasar)
1574-1587	Manhorca (Christovão)
1575	Areja (João)
1576	Fernandes (Braz)
1576	Fernandes (Gaspar)
1576	Jorge (Antonio)
1576	Nunes (Diogo)
1585	Anguria (João de)
1596-1606	Annes (Francisco)
1597	Hollanda (Maria de)
SÉCULO XVII	
16..	João (Nicolau)
1612	Fernandes (Diogo, 2º)

1614	Espinhosa (Belchior de)
1615	Rodrigues (Antonio)
1617	Francisco (Antonio)
1617	Pires (Antonio)
1617	Vaz (Fernão)
1617	Vicencio (Mestre)
1619	Cruz (Pedro da)
1621	Oliveira (Manuel)
1627	Gonçalves (Sebastião)
1629	Gonçalves (Antonio)
1634	Coelho (Jorge)
1639	Lopes de Negreiros (Jorge)
1640-1654	Rabello (Francisco)
1641	Rodrigues (Pero)
1646-1652	Corneaut (Estevão)
1646-1652	Corneaut (Pedro)
1647	Carvalho (Lourenço)

1647	Reis (Salvador dos)
1647	Vicente de França (Cosme)
1650	Gomes (André)
1652	Jorge (Domingos)
1654	Barreiros (Antônio)
1655	Fernandes (Manuel)
1655	Fernandes (Sebastião)
1657	Francisco (Manuel)
1658	Rodrigues (João, 2º)
1659	Rocha (Manuel da)
1662	Francisco (Manuel, 2º)
1667	Carvalho (Antonio, 2º)
1676-1679	Silva (Antonio da)
<b>SÉCULO XVIII</b>	
1708	Francisco (Manuel, 3º)
1731	Silva (José Lopes da)

### Lista dos Armeiros pela ordem das terras em que exerceram a sua profissão

<b>Alcácer e Ceuta</b>	
1552	Fernandes (Jeronymo)

<b>Algarve</b>	
1510	Taborda (Afonso)

<b>Aveiro</b>	
1511	Afonso (Gonçalo)
1445	Vicente (Afonso 2º)
1444	Annes (Joane, 2º)

Azamor	
1521-1529	Martins (Pero)

Barcarena	
1553	Afonso (Gonçalo, 2º)
1523-1539	Aguilar (João de)
1548	Fernandes (Gonçalo)
1629	Lopes de Negreiros (Jorge)
1574-1587	Manhorca (Balthasar de)
1574-1587	Manhorca (Christovão)

Beja	
1508-1534	Andrade (Diogo de)
1517	Dias (Francisco)
1446	Rodrigues (Estevão)

Braga	
1450	Martins (Luiz)

Bragança	
1548	Martins (Francisco)

Cabo Verde	
------------	--

1612	Fernandes (Diogo, 2º)
------	-----------------------

Çafim	
1538	Trosilho((João de)

Campo Maior	
1529	Bargado (Rodrigo)

Ceuta (veja Alcácer)	
----------------------	--

Chaves	
1548-1575	Gonçaves (Ciprião)

Cochim (Índia)	
1527	Annes ou Eannes (Joane ou João)
1527	Annes ou Eannes (Pedro)
1527	Castanheda (Gaspar de)
1527	Gonçaves (Nicolau)
1527	Pires (Afonso, 4º)
1527	Pires (Fernão)

Coimbra	
1488	Alvares (Gil)
1459	Domingues (João)

1455	Martins (Fernão)
1459	Mortagua (João de)
<b>Covilhã</b>	
1521	Paiva (João de)

<b>Elvas</b>	
1435	Afonso (Lourenço)
1521	Fernandes (João, 2º)
1439-1481	Gil (Martin)
1514	Lopes (André)
1528	Rodrigues (Alvaro)

<b>Évora</b>	
1509	Alvares (Bartholomeu)
1487	Belhamin
1534	Biscainho (Pero)
1477-1480	Elvas (João de)
1436	Fernandes (Nicolau)
1524	Fernandes (Vicente)
1524	Galindo (Fernão)
1444	Gomes (João)
1491-1524	Gonçalves (Luiz)
1566	Iracaval (Nicolau)
1524	Luiz (Martim)
1507-1529	Martins (Afonso)
1490-1496	Rodrigues (Fernão)

1456	Rodrigues (João)
1490-1496	

<b>Faro e Tavira</b>	
1570	Fernandes (Heitor)

<b>Funchal</b>	
1596-1606	Annes (Francisco)
1575	Areja (João)

<b>Goa</b>	
1526	Gomes (Pero)
1550	Paulo (Bernadino)
1551	Toscano (Antonio)
1551	Toscano (Jorge)

<b>Guimarães</b>	
1451	Gonçalves (Afonso)
1483	Vicente (Pero)

<b>Lagos</b>	
1515	Pires (Lançarote)

<b>Lisboa</b>	
1478-1484	Afonso (Fernando)
1391	Alberto

1443	Alvares (Fernand')
1585	Anguria (João de)
1439	Annes (Gonçalo)
1431	Annes (João)
1449	Annes (João 2º)
1468-1471	Annes (Pero)
1528	Antão (Palos ou Paulo)
1654	Barreiros (Antônio)
1539	Bieta (Martim de)
1548	Caceres (Belchior de)
1531	Caceres (Francisco de)
1483	Calaforra ou Calahorra (Jacob)
15..	Carvalho (Antônio)
1667	Carvalho (Antonio, 2º)
1647	Carvalho (Lourenço)
1634	Coelho (Jorge)
1646-1652	Corneaut (Estevão)
1646-1652	Corneaut (Pedro)
1619	Cruz (Pedro da)
1614	Espinhosa (Belchior de)
1527	Fernandes (Antonio)
1572	
1534-1570	Fernandes (Bernaldim ou Bernardim)

1576	Fernandes (Braz)
1564	Fernandes (Diogo)
1536	Fernandes (Francisco)
1576	Fernandes (Gaspar)
1548-1562	Fernandes (Gonçalo)
1545	Fernandes (Luiz, 2º)
1655	Fernandes (Manuel)
1535	Fernandes (Salvador)
1655	Fernandes (Sebastião)
1617	Francisco (Antonio)
1657	Francisco (Manuel)
1662	Francisco (Manuel, 2º)
1708	Francisco (Manuel, 3º)
1452	Garcia (Antão)
1462	Garcia (Bartholomeu)
1539	Garcia (Martim)
1565	Garcia de Lianes (João)
1565	Garcita (Gregorio de)
1391	Giraldes
1650	Gomes (André)
1540	Gomes (Fernão, 1º)
1508-1525	Gomes (Fernão, 2º)
1530	Gomes (João, 2º)
1629	Gonçalves (Antonio)
1502	Gonçalves (Fernão)



1456	Gonçalves (Gil)
1450	Gonçalves (Gonçalo)
1451	Gonçalves (Marcos)
1627	Gonçalves (Sebastião)
1523	Homem (Pedro)
1542	João (Mestre)
16..	João (Nicolau)
1576	Jorge (Antonio)
1652	Jorge (Domingos)
1539	Lopes (Francisco)
1540	Lopes (Inigo)
1490	Lopes (João)
1433-1436	Lourenço (Vasco)
1478	Luboa
1574	Lucas (Mestre)
1466	Madeira (Lopo)
1558-1570	Manhoz (Balthazar)
1558-1570	Manhoz (Rodrigo)
1565	Martinez de Marcuyda (João)
1524	Martins (Antão)
1476	Martins (João)
1541-1544	Mendes (Nicolau)
1446	Milanez (Christovão)
1565	Orquieva (João de)
1546	Paes (Gabriel)

1514	Pedro (João)
1552	Peres (João)
1573	Peres (Martim)
1552	Peres (Sebastião)
1438	Pires (Afonso)
1434-1440	Pires (Afonso, 2º)
1617	Pires (Antonio)
1438	Pires (João)
1640-1654	Rabello (Francisco)
1647	Reis (Salvador dos)
1659	Rocha (Manuel da)
1539	Rocola (João de)
1615	Rodrigues (Antonio)
1543	Rodrigues (Cosme)
1508	Rodrigues (Francisco)
1658	Rodrigues (João, 2º)
1641	Rodrigues (Pero)
1525	Ruçola (Diogo de)
1563	Ruysol (Martim de)
1676-1679	Silva (Antonio da)
1731	Silva (José Lopes da)
15??	Teixeira (Manuel)
1451	Timal
1436	Vasques (Afonso)
1436	Vaz (Afonso)
1509	Vaz (Alvaro)

1617	Vaz (Fernão)
1421	Velho (Diogo)
1617	Vicencio (Mestre)
1375	Vicente (Afonso)
1647	Vicente de França (Cosme)
1566	Vieira (Gonçalo Nunes)

Loulé	
1621	Oliveira (Manuel)

S. Lourenço do Bairro	
1544	Pires (Sebastião)

Miranda do Douro	
1528	Alvares (Afonso)
1548	Pimentel (Alvaro)

Moncorvo (veja Torre de)	
--------------------------	--

Olivença	
1522	Lopes (André, 2º)

Ponte de Lima	
1573	Fernandes (Pero, 3º)

Portalegre	
1529	Alvares (André)

Porto	
1572	Afonso (Gonçalo, 3º)
1442-1451	Afonso (João)
1547	Alvares (André, 2º)
1505	Annes (Alvaro)
1536	Dias (Jeronymo)
1522	Garcia (Gomes)
1485	Gonçalves (Alvaro)
1476	Leitão (Fernão)
1442-1451	Lisboa (Afonso de)
1384	Martins (Alvaro)

Santarém	
1456-1483	Annes (Braz)
1450	Cosem (Saul)
1538	Costa (Ruy da)
1549	Dias (Pero, 2º)
1549	Fernandes (Matheus)
1549	Gomes (Pero, 2º)
1542	Gonçalves (Fernão)
1383-1385	Guimarães (João de)
1534	Moura (Francisco de)
1576	Nunes (Diogo)

1549	Pires (Antônio, 2º)
1549	Rodrigues (João, 3º)

Tanger	
1506	Esforça (Gonçalo de Contreiras)
1525	Fernandes (Pero)
1506	França (João de)
1597	Hollanda (Maria de)

Tavira (veja também Faro)	
1521-1530	Alvares (Pedro)
1508-1524	Carneiro Faim (Gomes)
1520-1530	Dias (João)
1545	Dias (Lopo)
1546	Dias (Pero)
1508	Faim (Nuno Fernandes)
1514-1524	Fernandes (João)
1522	Fernandes (Luiz, 1º)
1540	Fernandes (Pero)
1509	Fernandes Faim (Gomes)

1532	Lopes (Bento)
1570	Lopes (João, 2º)
1488	Pires (João, 2º)
1524	Rodrigues (Manuel)

Thomar	
1558-1570	Manhoz (Balthazar)
1558-1570	Manhoz (Rodrigo)

Torre de Moncorvo	
1521-1522	Pires (Afonso, 3º)

Trancoso	
1523	Mendes (Pero)

Vianna (da Foz de Lima)	
1573	Fernandes (Pero, 3º)

(veja Ponte de Lima)

Vila Boa (termo de Guimaraes)	
1572	Afonso (Gonçalo)
1552	Afonso (João, 2º)

## ANEXO II - ARTES E INDÚSTRIAS METÁLICAS EM PORTUGAL: SERRALHEIROS E FERREIROS.

Um resumo do opúsculo de Sousa Viterbo publicado no volume 56 do *Instituto*, em 1904, pela Universidade de Coimbra.

### Introdução

A produção de ferro em Portugal sempre avançou com dificuldade e nunca poderia ser comparada com o que se observou em Biscaia ou na Suécia. Para Sousa Viterbo, esse atraso que ainda se verificava no início do século XX se deveria a duas razões: a não promoção de uma extração ativa do minério ferro; a inexistência do carvão em qualidade e quantidade necessária para suprir as necessidades de energia de uma indústria siderúrgica. No entanto, tal fato não impediu que os artífices do ferro fossem profissões populares e a muito cultivadas e praticadas pelos portugueses. Para trabalhar no reino, os serralheiros e ferreiros precisavam de uma carta de autorização. Em alguns casos, o documento assegurava ao artesão privilégios, como o direito à moradia sempre que estivessem trabalhando a serviço do rei, ou a permissão para ter uma tenda aberta para prestar serviços pagos à população. As cartas que ainda existem nos arquivos portugueses permitiram que Viterbo descobrisse o nome e local de 56 artífices do ferro, entre eles estrangeiros alemães e espanhóis.

	Data	Local da nomeação	Nome
<b>01</b>	?	?	Afonso (João) – “O Velho”
<b>02</b>	1439	Lisboa	Alemanha (João de)
<b>03</b>	1445	Lisboa	Alemão (João)
<b>04</b>	1509	Lisboa (Ribeira)	Alvares (Diogo)
<b>05</b>	1552	Coimbra	Alvares (Francisco)

<b>06</b>	1514	Cochim (Índia)	Annes (Francisco)
<b>07</b>	1581	Lisboa	Annes (Lourenço)
<b>08</b>	1435	Porto	Anrique
<b>09</b>	1435	Porto	Anrique (Braz)
<b>10</b>	1592	Lisboa	Anriques (Lamberto)
<b>11</b>	1642	Lisboa	Brito (Gregorio de)
<b>12</b>	1445	Coimbra	Cofem (Mousem)
<b>13</b>	1581	Lisboa (Ribeira)	Dias (Francisco)
<b>14</b>	1608	Fortaleza de S. Jorge da Mina (África Ocidental)	Dias (Jorge)
<b>15</b>	1546	Almerim	Esturão (João Gonçalves)
<b>16</b>	1545	Sé de Évora	Fabre (Balthasar)
<b>17</b>	1557	Évora	Fabre (Francisco)
<b>18</b>	1522	Coimbra	Fernandes (Antonio)
<b>19</b>	1650	Lisboa	Fernandes (Gaspar)
<b>20</b>	1434	Lisboa	Fernandes (Guterre)
<b>21</b>	1546	Lisboa	Fernandes (João)
<b>22</b>	1450	Lisboa	Fernandes (Lopo)
<b>23</b>	1611	Fortaleza de S. Jorge da Mina (África Ocidental)	Fernandes (Manuel)
<b>24</b>	1647	Coimbra	Fernandes (Manuel) 2º
<b>25</b>	1547	Gôa (Índia)	Fernandes (Pero)
<b>26</b>	1522	Coimbra	Ferreira (Martim)
<b>27</b>	1601	Goa	Garcia (Antonio)
<b>28</b>	1592	Lisboa	Gentil (Diogo)
<b>29</b>	1643	Porto (Ribeira do Ouro)	Gomes (Antonio)
<b>30</b>	1650	Lisboa	Gonçalves (André)
<b>31</b>	1528	Paços Reais	Gonçalves (Balthasar)
<b>32</b>	1546	Paços Reais	Gonçalves (Gaspar)
<b>33</b>	1452	Lisboa	Guis (Mestre)
<b>34</b>	?	Thomar (Convento de Cristo)	Henriques (Diogo)

35	1648	Lisboa (Casa dos 24) <sup>899</sup>	João (Domingos)
36	1450	Lisboa	João (Pero)
37	? <sup>900</sup>	Vila Franca Xira	Lopes da Costa (Fernando)
38	1600	Lisboa	Lourenço (Antonio)
39	1452	Vila Viçosa	Lourenço (Diogo)
40	1591	Lisboa	Machado (Antonio)
41	1604	Malaca	Marinho (Duarte)
42	1647	Coimbra	Marques (Domingos)
43	1500-1550	Coimbra	Martinho (Mestre)
44	1643	Extremoz e Coimbra	Noronha (André de)
45	1467 1472	Alegrete	Nunes (Diogo)
46	1529	Lisboa	Ortega (Diogo)
47	c. 1500	Coimbra	Pedro (Mestre)
48	1549	Goa	Pedro ou Pero (Mestre) 2º
49	1820	Lisboa: Palácio da Ajuda	Pereira (João)
50	1571	Lisboa: Mosteiro de Belém	Pires (Aleixo)
51	1566	Lisboa	Pires (Francisco)
52	?	?	Rodrigues (Christovão)
53	?	?	Rodrigues (Garcia)
54	?	?	Rodrigues (João José)
55	?	?	Rubim (P. Fr.)
56	?	?	Sobrinho (Antonio)

<sup>899</sup> Uma Assembleia Municipal com poder deliberativo onde participavam os 24 representantes dos doze ofícios, e que foi criada em 1384 pelo mestre de Avis, D. João I.

<sup>900</sup> Como afirmou Sousa Viterbo em “Inventores Portugueses”, que foi editado pela Universidade de Coimbra, em 1914, Fernando Lopes da Costa, que residia em Benavente, foi um serralheiro que requereu, em 1907, patente para um aparelho para elevar água “Hidro-Costa”. Um nome aparentemente fora do contexto da pesquisa, considerando a época dos demais serralheiros divulgados no estudo.



## **ANEXO III - ARTES E INDÚSTRIAS METÁLICAS EM PORTUGAL: FUNDIDORES DE ARTILHARIA.**

**Um resumo do opúsculo de Sousa Viterbo, que foi parcialmente publicado na Revista Militar, número 3 de 1901, e integralmente, em 1901, em Lisboa, pela Imprensa da Casa Real.**

### **Introdução**

A relação de nomes de artesãos fundidores, apresentada a seguir, é mais um fruto da longa pesquisa que Sousa Viterbo fez nos arquivos e documentos portugueses durante boa parte do século XIX, a qual foi publicada no início do século XX. Ao examinarmos a relação de nomes percebemos que a fundição de artilharia era uma arte que passava de pai para filhos, e até para netos, uma arte que foi aprendida com os estrangeiros contratados para fundir em Lisboa, ou com os artesãos em Goa. Os artesãos da Índia já dominavam a arte da fundição quando os navegantes portugueses lá chegaram.

Os artesãos fundidores eram cobiçados por diversas nações. O fornecimento de privilégios que os diferenciava e os valorizava era um dos artifícios utilizados para os manterem fixo no reino. Entre diversos privilégios, o direito de portar armas, que só era concedido aos nobres e fidalgos, foi concedido a alguns dos mestres fundidores. Algo que hoje nos parece simples, como andar montado em uma mula com sela e estribo, era um privilégio.

As datas e os locais que aparecem na tabela constam nos documentos que se referem ao fundidor. Portanto, as datas servem para localizar a época,



mas o local necessariamente não corresponde à localização da oficina de fundição do artesão fundidor.

	Ano	Local	Nome
1	1502	Lisboa	Afonso (Mestre)
2	1489	Lisboa	Afonso (João)
3	1571	Lisboa	Alvares (Antonio)
4	1581	Lisboa	Alvares (Clemente)
5	1547	Lisboa	Alvares (Francisco)
6	1508	Lisboa	Alvares (João)
7	1489	Lisboa	Alvares (Luiz)
8	1577	Lisboa	Alvares (Manuel)
9	1519	Cochin	Alvares (Marçal)
10	1529 e 1538	Diu e Lisboa	Annes (Fernando)
11	1525	Cochin	Annes (Francisco)
12	1499	Lisboa	Annes (Pedro)
13	1620	Lisboa	Balhesteiros (Fernando)
14	1624	Lisboa	Balhesteiros (Francisco)
15	1640 e 1641	Lisboa	Berningk (Herman) <sup>901</sup>
16	1674	Goa	Bocarro (Jeronymo Tavares)
17	1640	Goa	Bocarro (Manuel Tavares)
18	1590	Goa	Bocarro (Pero Dias)
19	1502	Lisboa	Bruges (Lucas de) <sup>902</sup>
20	1513	Lisboa	Cervaz (Mestre)
21	1514 a 1524	Lisboa	Cobris (Sebastião)
22	1619	Lisboa	Cunha (João da)

<sup>901</sup> Fundidor alemão contratado por João IV no período da Guerra da Restauração.

<sup>902</sup> Fundidor flamengo.

23	1576	Lisboa	Dias (Cosme)
24	1589	Goa <sup>903</sup>	Dias (Francisco)
25	1548 a 1575	Lisboa	Dias (João)
26	c. 1650	Lisboa	Dias (Manuel)
27	c. 1750	Lisboa	Drouet <sup>904</sup>
28	1624 a 1661	Lisboa	Escotrim ou Escartim((Mathias)
29	1666	Lisboa	Escartim (Ventura)
30	1610	Lisboa	Feo (Antonio Gomes)
31	1514	Lisboa	Fernandes (Garcia)
32	1624	Lisboa	Fernandes (Luiz)
33	1751 a 1752	Lisboa	Ferreira (Bento Afonso)
34	1597	Lisboa	Figueira (Pero Jorge)
35	1550 a 1554	Lisboa	Garcia (Diogo)
36	1642	Lisboa	Gentileschi (Francisco) <sup>905</sup>
37	1588	Lisboa	Gomes (Balthasar)
38	1676	Lisboa	Gomes (Manuel Ferreira)
39	1699 a 1710	Lisboa	Gomes de Oliveira (Luiz)
40	1495	Lisboa	Gonçalves (João)
41	1484	Lisboa	Goterres (João)
42	1568	Lisboa	Jorge (Pero)
43	1497	Lisboa	Lopes (Pero)
44	1609	Lisboa	Lopes Thomé)
45	1502 a 1526	Cochin e Goa	Luiz (João)
46	1526	Cochin	Malu Gordo

<sup>903</sup> Uma época em que se fundiam muitos canhões em Goa.

<sup>904</sup> Na época de Pombal foi contratado o fundidor francês.

<sup>905</sup> Na época da Guerra da Restauração, foi contratado em Londres como um hábil fundidor e inventor de um novo tipo de artilharia ligeira.

47	1553 a 1561	Lisboa	Meclenien (RemigioHalvt)
48	1808	Lisboa	Mestral (Jean Jacob de)
49	1618	Lisboa	Monteiro (Clemente Alves)
50	?	Lisboa (?)	Morelo (Jacome)
51	1895	Lisboa	Neves (Alexandre José das)
52	1646	Lisboa	Oliveira (Manuel)
53	1737 a 1762	Lisboa	Palavra (Maximo Rodrigues)
54	1721 a 1737	Lisboa	Palavra (Pedro Rodrigues)
55	1618	Lisboa	Pereira (João)
56	1646	Lisboa	Pereira (João Barreto)
57	1560	Lisboa	Pires (Diogo)
58	1500 a 1550	Lisboa	Robim (João)
59	1705	?	Rocha de Brito (Francisco da)
60	1607	Salvador	Rodrigues (Domingos)
61	1577	Lisboa	Rodrigues (Hypolito)
62	1500 a 1550	Lisboa	Rodrigues (oão)
63	1560	Lisboa	Rodrigues (Jorge)
64	1624	Lisboa	Rodrigues (Manuel)
65	1586	Lisboa	Rodrigues (Miguel)
66	1681 a 1686	Índia	Salvador da Costa (M.)
67	1484 a 1496	Porto	Sousa (Nicolau de)
68	1505 a 1509	Índia	Tudom (João)
69	1609	Lisboa	Vaz (Afonso)
70	1532	Goa	Vicente (João)
71	1610	Lisboa	Vieira (Francisco)
72	1736	Lisboa	Weinholtz (Frederico Jacob)

## **ANEXO IV - A ARMARIA EM PORTUGAL: Fabricantes de armas de arremesso e de fogo, besteiros, viroteiros<sup>906</sup>, arcabuzeiros, espingardeiros, etc., que exerceram a sua indústria em Portugal.**

**Um resumo da Memória apresentada à  
Academia Real das Ciências de Lisboa por  
seu sócio correspondente Sousa Viterbo  
(1908).**

### **Introdução**

Em 1908, Sousa Viterbo, que sempre esteve preocupado com desaparecimento de grande parte das obras dos artesãos que trabalharam em Portugal, editou mais uma de suas Memórias. Diferente das anteriores, apresentadas nos anexos dois e três, esta tem como objetivo principal guardar para o futuro o nome e a época dos artesãos fabricantes de armas de arremesso e de fogo: besteiros, viroteiros, arcabuzeiros, espingardeiros. Na relação, também existem aqueles que mesmo não sendo artesãos contribuíram como autores de textos para melhor difundir a arte. Um total de duzentos e trinta e sete nomes foi apresentado por Viterbo. Como nos anexos anteriores, os dados organizados na forma de tabela, considerando o nome do artesão, ano e local do documento que a ele se refere, assim como dados que identificam sua arte. As informações foram obtidas por Viterbo em documentos existentes nos arquivos portugueses que por ele foram transcritos em suas Memórias.

Os dados reunidos na tabela nos mostram que o aparecimento do arcabuz e do mosquete não fez desaparecer a besta. As duas armas de arremesso conviveram até o século XVII, demonstrando que uma inovação tecnológica não faz desaparecer imediatamente a tecnologia precedente.

---

<sup>906</sup> A besta era uma arma que lançava projéteis denominados *virotas* que eram um pouco menor que uma flecha.

No século XV, durante o reinado de D. Afonso V, aparecem muitos mestres de fazer bestas, mas surgem também os espingardeiros. Em 1461, Pero Vasques, residente em Lisboa, é provavelmente o primeiro mestre de fazer espingardas que exerceu o seu ofício em Portugal. Entre os primeiros também podemos citar Juda Abenrey, que fabricava bestas e espingardas, e Mousem Farache, ambos judeus. As artes metálicas eram dominadas por artesãos israelitas e mulçumanos, ao ponto de naquela época haver em Portugal uma espécie de ferro denominado *aço mourisco*<sup>907</sup>.

No século XVI, a maior parte das espingardas utilizadas pelos portugueses era importada da região da Boêmia ou da Alemanha, apesar de existirem oficinas onde se fabricavam armas em Portugal, assim com nos domínios ultramarinos. Em Goa, no Arsenal, os oficiais portugueses e goeses trabalhavam lado a lado fabricando espingardas de mecha para encher a *Casa das Dez Mil Espingardas*. Ainda neste século, foi uma dessas espingardas que foi introduzida no Japão, passando a ser copiada durante séculos<sup>908</sup>. A principal razão de Goa ter se tornado um dos principais locais de fabrico de armas para os arsenais de Portugal foi sem dúvida o fato de ali já existirem na época da conquista um elevado número de excelentes espingardeiros e fundidores e que se ofereceram de boa vontade para trabalhar para os portugueses<sup>909</sup>.

O Vice-Rei da Índia, Afonso de Albuquerque, mandou para trabalhar no Arsenal de Lisboa espingardeiros goeses<sup>910</sup>. No Arsenal de Goa houve a fusão dos conhecimentos da espingardaria luso-alemã, vinda de Lisboa, com a goesa e árabe, que já existiam na região antes da chegada dos portugueses. Desta fusão surgiu a *Espingardaria Indo-Portuguesa*. No ano de 1568, segundo os inventários dos arsenais portugueses, ainda existentes na Torre do Tombo, em Lisboa existiam 20.336 espingardas<sup>911</sup>, o que seria praticamente o dobro do que existia no Arsenal de Goa. Em meados do século XVI, Portugal possuía um dos maiores arsenais do mundo, o que certamente foi uma grande contribuição ao rei da Espanha, Felipe II, que a partir de 1580 passou a reinar também em Portugal.

Uma lei portuguesa obrigava que todos os homens livres possuíssem uma espingarda de mecha devidamente preparada para o uso, os quais deveriam mostrar anualmente a sua arma às autoridades sob pena de pesada

---

<sup>907</sup> VITERBO, 1908, p.1.

<sup>908</sup> DACHNHARDT, Rainer. *Espingarda Feiticeira – A introdução da Arma de Fogo pelos Portugueses no Extremo-Oriente*. Texto Editora, Portugal, 1994, p.31.

<sup>909</sup> Na época, os mulçumanos tinham se apoderado da região matando toda a família real local. Em 1510, os portugueses aliados aos goeses expulsaram os mulçumanos e assim passaram a ser tratados como aliados. Em Goa Portugal estabeleceu a sede do governo das colônias localizadas a leste do Cabo da Boa Esperança (DACHNHARDT, 1994, pp.36-37).

<sup>910</sup> Sousa Viterbo não fez nenhuma referência a esses espingardeiros.

<sup>911</sup> DACHNHARDT, 1994, pp. 40-41.

multa<sup>912</sup>. Um fato interessantíssimo que nos mostra que não eram apenas os membros da nobreza, ou poucos privilegiados, que poderiam conduzir armas de fogo, como ocorreu com as armas brancas na Idade Média. A difusão de armas obrigou que vilas e cidades possuíssem seus próprios armeiros e espingardeiros, mesmo nas colônias. Em 1687, partiu para o Brasil Gaspar de Araújo da Cunha para cuidar de todas as armas de guerra que estavam nos armazéns reais da Bahia, mantendo-as limpas e capazes para as ocasiões que se fizessem necessárias. Manoel Ferraz Lima foi o armeiro que o sucedeu. Em Vila Nova de Goyazes, onde o ouro tinha sido descoberto em 1726, Felix de Araujo Braga e Manuel José de Braga exerceram o ofício de espingardeiros.

Na primeira metade do século XVIII, durante o reinado de D. João V, a caça era um dos esportes prediletos da fidalguia. A espingarda de caça passou a ser produzida com luxo e riqueza e alguns fidalgos passaram a contratar artesãos e ter oficina própria para fazer belas espingardas. Em 1718, três irmãos mestres espingardeiros publicam a primeira obra sobre espingardaria escrita em português intitulada *Espingarda Perfeita*, que ensinava os segredos da arte do espingardeiro. A atitude dos autores certamente foi censurada pelos seus pares, membros da mesma corporação de ofício. Dos três autores apenas dois se identificaram no frontispício da obra, e mesmo assim camuflaram seus nomes usando anagramas: Cesar Fiosconi, que era na verdade José Francisco, e Jordam Guseiro, que seria João Rodrigues. O terceiro irmão, que se chamava Manoel Antonio, por alguma razão desconhecida não ficou identificado na obra como autor. Em uma época em que os artesãos raramente tinham capacidade de escrever com fluência e erudição, o texto da *Espingarda Perfeita* é admirável e procurou deixar para a posteridade todos os saberes de uma arte. No entanto, o interesse da fidalguia portuguesa pela espingarda de caça não ia além da vaidade e em nada contribuiu para criação de uma verdadeira indústria de armas em Portugal. A edição de um texto escrito em português também não poderia ter valor transformador em uma sociedade onde a maioria da população era analfabeta.

Os mestres e oficiais das artes metálicas ainda continuaram a ser contratados no estrangeiro no início do século XIX. Para fazer funcionar as fábricas de armas em Portugal foram contratados artesãos na Prússia, e com a partida da Corte para o Brasil estes foram enviados para o Brasil.

	Ano	Local	Nome	Observações
1	1470	Vila d'Arronches (Évora)	Abenrey (Juda)	Certamente era judeu e fabricava bestas e espingardas.
2	1782		Almeida Barbosa (Felix de)	Espingardeiro

<sup>912</sup> DACHNHARDT, 1994, p.42.

3	1688	Lisboa (armazém da fundição)	Alvares (Fernão) <sup>913</sup>	Armeiro
4	1617	Lisboa (armazém do Arsenal de Lisboa)	Alvares (Francisco)	Espingardeiro fabricante de arcabuz e mosquete.
5	1507	Ceuta (armazém)	Alvares (João)	Besteiro (cargo para reparar bestas).
6	c. 1507	Ceuta	Alvares (Manuel)	Carga para reparar bestas (foi o sucessor de João Álvares).
7	1898	Lisboa (Fundição do arsenal)	Alvares (Manuel)	Aparelhador na fundição de canhões.
8	1736	Lisboa	Alves dos Santos (Patrício)	Espadeiro.
9	1451	Louriçal	Annes (Afonso)	Fabricante de <i>virotos</i> <sup>914</sup> .
10	1450	Coimbra	Anes (João)	Besteiro.
11	1472	Lisboa	Anes (Martym)	Espingardeiro de origem alemã.
12	1718 (EP) <sup>915</sup>	Lisboa	Antonio (Manuel) <sup>916</sup>	Espingardeiro.
13	1736	Lisboa	Antunes (Antonio)	Espadeiro
14	1800		Antunes (Elias)	
15	1718 (EP)		Antunes (Francisco)	Espingardeiro.
16	1673	Lisboa	Antunes (José)	Armeiro de arcabuzaria.
17	1718 (EP)		Antunes (Marcos)	Espingardeiro
18	1744	<b>Brasil</b> , Vila Boa de Goyazes, Província de Minas.	Araujo Braga (Felix de)	Mestre espingardeiro
19	1682 a 1710	<b>Brasil</b> (armazéns reais de Salvador da	Araujo da Cunha (Gaspar de) <sup>917</sup>	Armeiro

<sup>913</sup> Em 29 de outubro de 1688, Fernão Alvares, Rafael Rodrigues, e Rafael Teixeira assumiram a obrigação de limpar e consertar armas, tendo como fiador do contrato o armeiro dourador Francisco Vaz Nogueira, que morava na rua dos Douradores

<sup>914</sup> Os virotos são os projéteis lançados pelas bestas, os quais não devem ser confundidos com flechas.

<sup>915</sup> Os espingardeiros citados na obra *A espingarda Perfeita*, ou seus três autores, serão datados seguidos de EP (Espingarda Perfeita), data da edição da obra, sempre que na pesquisa de Sousa Viterbo não houver nenhuma outra data relacionada ao espingardeiro.

<sup>916</sup> Manuel Antonio era irmão de João Rodrigues, um dos autores da obra intitulada *Espingarda Perfeita* (ver João Rodrigues)

<sup>917</sup> Gaspar de Antonio da Cunha era armeiro e serviu ao rei na província entre o Minho e o Douro e no Castelo Lindoso. O governador Antonio de Sousa de Meneses o nomeia armeiro

		Bahia de todos os Santos)		
20	1735	Vila de Guimarães	Azevedo Moreira (José de)	Espingardeiro
21	1735	Vila Fria, termo de Guimarães	Azevedo Moreira (Manuel de)	Espingardeiro
22			Barbosa (Bernardo)	Espingardeiro
23	1718 (EP)	Elvas	Barreiro (Simão)	Espingardeiro
24	1543	Lisboa (Ponte de Alhambra)	Beliarte (Francisco de)	Serralheiro e fabricante de espingarda.
25	1652	Lisboa, termo de Lisboa	Belo (Francisco)	Oficial de espingardeiro
26	1699		Bis (Nicolau)	Arcabuzeiro espanhol. <sup>918</sup>
27		Lisboa: Ribeira Grande; Ponte Delgada; Vila Franca.	Borges (Gaspar)	Ferreiro, relojoeiro e arcabuzeiro
28	1744	Lisboa	Botelho de Oliveira (Bernadino)	Espingardeiro
29	1746	<b>Brasil</b> , Vila Boa de Goyazes, Província de Minas.	Braga (Manoel José)	Espingardeiro
30	1696	Lisboa	Branco da Silva (Antonio)	Mestre "freeiro"
31	1572	Funchal	Bruxelas (Henrique de)	Arcabuzeiro (flamengo) contratado para fazer fechos para arcabuzes.
32	1810	Lisboa	Bustindui <sup>919</sup>	Espingardeiro
33	1644	Évora de Alcobaça	Cacela (Antonio)	Arcabuzeiro contratado para fornecer 400 arcabuzes por ano.
34	1885	Entrada de Caldas de Vizela para Penafiel	Calado (Avelino Antonio)	Serralheiro e espingardeiro
35	1885	S. João das Caldas	Calado (Joaquim Antonio)	Fogueteiro (pirotecnia) e espingardeiro
36	1737	Lisboa	Carnide (João Nunes)	Cutileiro <sup>920</sup>

dos armazéns reais no Brasil por se achar vago o lugar de armeiro, o que foi confirmado pelo rei D. Pedro II, em 1687. O seu irmão, Manoel Ferraz Lima ocupa o seu lugar após sua morte em 1710.

<sup>918</sup> Espingardeiro que serviu ao rei Filipe V.

<sup>919</sup> Nome armeiros espanhóis que poderiam ter trabalhado em Portugal, considerando a existência dessa marca em algumas espingardas de colecionadores portugueses, ou exportado suas espingardas da Espanha para Portugal.



37	1667	Lisboa	Carvalho (Antonio)	Espadeiro
38	1647	Lisboa	Carvalho (Lourenço de)	Espadeiro
39	1736	Lisboa	Carvalho (Manoel Jorge de) <sup>921</sup>	Espadeiro
40	1697	Lisboa	Carvalho (Matheus)	Dourador <sup>922</sup>
41	1778	Guimarães	Carvalho (PlacidoAntonio de)	Mestre Espingardeiro <sup>923</sup>
42	1459	Lisboa	Castelão (Pero ou Pedro)	Mestre em fazer bestas (espanhol)
43	1736	Lisboa	Castro (João)	Mestre serralheiro que concertou 2000 baionetas.
44	c.1718	Évora	Caxeyro	Espingardeiro
45	c. 1718	Moura	Coelho	Espingardeiro
46	1665	Tomar	Colares (João)	Oficial de espingardeiro
47	c. 1718	Vila Viçosa	Cordeiro	Espingardeiro
48	1643	Lisboa	Cornuau (Pedro)	Primeiro armeiro
49	1782		Correia de Jesus (Manuel)	Nomeado juiz mais velho do seu ofício (armeiro)
50	1773 1789		Costa (Joaquim José da)	Nomeado escrivão (1773) e juiz mais novo (1789) do ofício.
51	1807		Costa (Malaquias José da)	Escrivão (1807) 2º Juiz (1809) 1º Juiz (1811 e 1812)
52	1735	Santarém	Costa (Manuel da)	Espadeiro
53	1820		Costa (Narciso Henrique da)	2º Juiz do ofício (1820 e 1821)
54	1770		Costa Leal (Crisostomo)	Oficial freeiro
55	1680	Porto	Costa (Santos da)	Espingardeiro
56	1680	Lisboa	Coitinho (André)	Serralheiro e oficial espingardeiro
57	1655	Salsete e Rachol (Índia)	Curado da Vide (Antonio)	Arcabuzeiro e cavaleiro fidalgo da Casa Real.

<sup>920</sup> Cutileiro é aquele que faz e vende objetos cortantes, Na relação, alguns armeiros são fabricantes de armas brancas e que estão misturados aos de arma de fogo, o que se justifica considerando que pouco a pouco a arma branca foi cedendo o seu lugar as armas de fogo.

<sup>921</sup> Ver as notas que se referem aos espadeiro Antônio Leitão e Domingos Ribeiro.

<sup>922</sup> As espingardas fabricadas para presentear eram verdadeiras joias com diversas partes douradas.

<sup>923</sup> Como era mestre do ofício, a rainha D. Maria Ihe deu em 1778 o privilégio de ter uma loja aberta do seu ofício.

58	1508	Tavira (Faro)	Dias (Gregório)	Besteiro
59	1596	Lisboa	Diniz (Jerônimo)	Frasqueiro (Fabricava frascos <sup>924</sup> para os arcabuzes e mosquetes)
60	1596	Lisboa	Diniz (João)	Frasqueiro
61	1700	Lisboa	Diniz (Matheus)	Lanceiro
62	1736	Lisboa	Duarte (José)	Serralheiro (consertava baionetas)
63	1761		Duarte (Manuel)	Espingardeiro
64	1685	Barbacena <sup>925</sup>	Duclos (Roland) <sup>926</sup>	Espingardeiro
65	1806	Lisboa	Dumoulin (João Thomaz) <sup>927</sup>	Mestre espingardeiro
66	1806	Lisboa	Dumoulin (José Mathias)	Mestre espingardeiro
67	1475	Extremoz (Évora)	Farache (Mousem) <sup>928</sup>	Espingardeiro Besteiro
68	1697	Lisboa	Faria (Nicolau de)	Ferreiro que fazia piques e baionetas.
69	1770		Feital (Jerônimo Oliveira)	Eleito juiz mais velho do seu ofício.
70	1495	Ilha da Madeira	Fernandes (Afonso)	Adargueiro <sup>929</sup>
71	1542	Lisboa	Fernandes (Antonio)	Espingardeiro e arcabuzeiro
72	1550	Lisboa	Fernandes (Domingos)	Carpinteiro
73	1644	Santarém	Fernandes (Manuel)	Espingardeiro
74	1540	Lisboa	Fernandes (Roque)	Adargueiro
75	1450	Santarém	Fernandes (Vasco)	Besteiro
76	1710	<b>Brasil</b> (armazéns)	Ferraz Lima (Manuel) <sup>930</sup>	Armeiro

<sup>924</sup> 67 Os frascos serviam para carregar pólvora.

<sup>925</sup> D. João II institui as ferrarias de Barbacena para que ali apenas se fabricassem armas. No entanto, no século XVII também ali já se estabeleceram moinhos de pólvora, que pouco a pouco foi ganhando importância até que se tornou o produto exclusivo da fábrica que deixava de fabricar armas.

<sup>926</sup> Certamente se trata de um francês. Em 1685, em sociedade com Clandio Grambois estabeleceu em Brabacena uma fábrica de arames e canos de espingardas e arcabuzes, a sua própria custa através de contrato de dez anos. Ao que parece, a empresa não teve sucesso. Em 1695 as ferrarias de Barbacena já não funcionavam e se considerava mais útil a produção de pólvora.

<sup>927</sup> João Thomaz Dumoulin, José Mathias Dumoulin, Eustachius Ludwig Lebek, João Julius Lebek, Emmanuel Kraatz, Benjamin Baer e Francisco Mathias Clos, eram seis mestres espingardeiros, que junto com Johann Friedrich Beth, oficial de baionetas, foram contratados em Potsdam para que durante dez anos fabricassem espingardas em Portugal.

<sup>928</sup> Mousem Farache e Juda Abenrey, ambos judeus, fabricavam bestas e espingardas. Os dois estão entre os mais antigos mestres espingardeiros de Portugal. O mais antigo espingardeiro de Portugal é considerado Pero Vasques, em 1461.

<sup>929</sup> Adargueiro seria o artesão que faz adargas (adagas), espadas curtas.

		reais da Bahia)		
77	1647	Leiria	Ferreira (Diogo) <sup>931</sup>	Espingardeiro
78	1895		Ferreira (Joaquim)	Mestre espingardeiro
79	c.1790		Ferreira (José)	Espingardeiro
80	1785		Ferreira da Cruz (Simão)	Eleito juiz mais velho do seu ofício.
81	c.1790	Lisboa	Figueiredo (Antonio Joaquim de)	Mestres dos lavrantes <sup>932</sup>
82	1689	Elvas	França (Luiz de)	Armeiro
83	1698	Lisboa	Francisco (Antonio)	Espingardeiro
84	1617	Lisboa	Francisco (Gonçalo)	Espingardeiro
85	1702	Lisboa	Francisco (José) <sup>933</sup>	Mestre espingardeiro
86	1660	Lisboa	Francisco (Manuel 1º)	Lanceiro
87	1708	Lisboa	Francisco (Manuel 2º)	Mestre lanceiro e coronheiro
88	1757	Guimarães	Francisco (Manuel 3º)	Espingardeiro
89	1704	Lisboa	Francisco (Matheus)	Mestre espingardeiro
90	1808	Lisboa	Freitas (Antonio de)	Oficial de espingardeiro
91	1808	Lisboa e	Freitas (Antonio José de) <sup>934</sup>	Espingardeiro

<sup>930</sup> Em 1710, Manuel Ferraz Lima foi incumbido de ser armeiro dos Armazéns do Estado na cidade de Salvador, Bahia, após o falecimento do seu irmão Gaspar de Araujo Cunha.

<sup>931</sup> Diogo Ferreira ficou encarregado de fabricar a cada mês três carabinas de pederneira, que era uma espingarda de cano mais curto para uso na cavalaria.

<sup>932</sup> Mestre dos lavrantes é o mestre dos que extraem minérios.

<sup>933</sup> José Francisco é um dos três autores da *Espingarda Perfeita*

<sup>934</sup> Antonio José de Freitas seguiu de Portugal para o Rio de Janeiro na mesma época em que a família real partiu para o Brasil, onde passou a ser um dos mestres da Real Fábrica da Conceição no Rio de Janeiro, localizada no morro da Conceição. Do Arsenal Real do Exército, em Portugal, segue para a Real Fábrica de Armas no Rio de Janeiro um grupo de operários, conforme a relação que segue fornecida por Sousa Viterbo (1908, pp.89-90), onde é relevante o fato de constar na relação aqueles que iriam fundir artilharia, o que corresponde a dizer que na fábrica de armas não se pretendia apenas fazer e reparar espingardas e armas brancas:

Carpinteiros que trabalharão com os Engenheiros da Artilharia.

- Aparelhador Joaquim José d'Assunção.
- Oficial Manoel da Silva (aliás 2º).
- D.º José Joaquinb (aliás Carreira).

Carpinteiros de Obra branca:

- Oficial José Luiz Godinho.
- D.º João Anastácio da Gama.

Abridor:

- Oficial José Amaro da Costa.

Carpinteiros de reparos:

- Aparelhador Ignácio Lopes.

		<b>Brasil</b> (Rio de Janeiro)		
<b>92</b>	1718	Lisboa	Freitas (JoãoChrisostomo) <sup>935</sup>	Contramestre espingardeiro
<b>93</b>	1772	Lisboa	Freitas (José Antonio) <sup>936</sup>	Espingardeiro
<b>94</b>	1759	Lisboa	Freitas (Luiz de)	Espingardeiro aparelhador da Fábrica Real de Armas
<b>95</b>	1808	Lisboa	Freitas (Manuel)	Espingardeiro
<b>96</b>	1813 a 1839	Lisboa	Freitas (Thomaz José de) <sup>937</sup>	Mestre espingardeiro
<b>97</b>			Galvão	Fabricava pistolas
<b>98</b>	1642	Tomar	Gentil (Francisco)	Espingardeiro
<b>99</b>	1770		Gomes (Antonio)	Eleito escrivão do seu ofício (1772)

---

Espingardeiros:

- Oficial Joaquim Pedro da S.<sup>a</sup>.
- D.<sup>o</sup> João Maurício.
- D.<sup>o</sup> José do Freitas (aliás Ant.<sup>o</sup> José de Freitas).

Ferreiros::

- Oficial José da Cruz Costa.
- D.<sup>o</sup> Antonio Deziderio.

Instrumentos:

- Mestre José Pedroso.
- Oficial Joaquim José Duarte.
- D.<sup>o</sup> Manuel Lopes da Conceição.
- D.<sup>o</sup> Antonio Joaquim.

Carpinteiro:

- Mestre Cazemiro Parent (que serviu no Arsenal do Porto).

Fundir Artilharia:

- Contramestre Belchior Campana.
- Oficial Luiz Manoel.
- D.<sup>o</sup> Manoel Correia (aliás Manoel Gomes, Aparelhador).

Lavrante de Artilharia:

- Oficial Francisco Manoel (aliás da Fonseca).

“Contadoria dos Arsenais Reais do Exército 20 de Dezembro de 1809.” (Fonte: Arquivo do Arsenal do Exército. 2.<sup>a</sup> época. Pasta 251).

<sup>935</sup> João Chrisostomo Freitas foi o progenitor de uma família dos Freitas, espingardeiros, que serviram ao Arsenal do Exército (Fábrica de Armas), em Portugal, por mais de um século (1718 a 1836).

<sup>936</sup> José Antonio de Freitas foi eleito escrivão do seu ofício, em 1772. No ano seguinte, foi eleito juiz mais novo. Em 1793, foi eleito juiz mais velho e outra vez juiz mais novo em 1801.

<sup>937</sup> Na exposição de Arte Ornamental, realizada em Portugal em 1882, aparece uma espingarda fabricada por Thomaz José de Freitas, em 1823, o que demonstra a excelente qualidade do artista e mestre espingardeiro.

100	1776	Lisboa	Gomes (Bartholomeu) <sup>938</sup>	Espingardeiro
-----	------	--------	------------------------------------	---------------

<sup>938</sup>Bartholomeu Gomes tinha oficina própria. Por ocasião da campanha de 1762 foi chamado para servir no Arsenal do Exército, assim como outros mestres, oficiais e aprendizes de espingardeiro, como mostra a relação (VITERBO, 1908, pp.94-95):

*Semana que principia em 12 de março de 1762*

Mestres e oficiais de fora:

- Bartholomeu Gomes.
- Jacinto José.
- Jerônimo Gonsalves.
- Joaquim de Oliveira.
- Estanislau José.
- Manoel de Almeida.
- Manoel Pereira.
- Manoel Duarte.
- Jeronimo da Paz.

Oficiais de 300 réis:

- José Alves Correa.
- Pedro Izidoro da Costa.
- Manoel Baptista.
- Miguel Luiz Diniz.
- João Maria de Oliveira.
- Sebastião Esteves.
- Domingos Duarte.
- José Antonio de Freitas.
- Antonio Gomes.
- Francisco de Oliveira.
- Manoel Antonio de Carvalho.
- Antonio Ferreira.
- José da Silva.
- Victorino dos Santos.
- Francisco Roiz (abaixo há Pedro, Manuel e João Roiz, irmãos?)
- João de Sousa.
- LuisSicar (filho ou irmão de Maurício Sicar?).

Oficiais de 200 e 240réis:

- Joaquim Pereira.
- João Coelho da Conceição.
- Luiz Pedro.
- Afonso José.
- Pedro Roiz.
- João Ferreira.
- Luiz Antônio.
- João Carvalho.
- João de Almeida.
- João Antunes.
- João Roiz.
- Diogo José.

Aprendizes:

- Domingos Teixeira.
- João de Sousa.
- Felix de Almeida (será filho de Felix de Almeida Barbosa?).
- Antonio Jorge.
- José de Sousa.

101	1730	Lisboa	Gomes (Felix)	Armeiro de guarnecer armas brancas
102	1817		Gomes (JanuarioAntonio)	Eleito escrivão
103	1736	Lisboa	Gomes (João)	Espadeiro
104	1815	Lisboa	Gomes (João Antonio)	Espingardeiro
105	1804		Gomes (José Maria)	Eleito escrivão do seu officio
106	1820		Gomes (Luiz Antonio)	Eleito escrivão do seu officio
107	1736	Lisboa	Gomes da Costa (José)	Conserta baionetas
108	1704		Gomes Ferreira (Gabriel)	Espadeiro
109	1815		Gonçalves (Joaquim José)	Eleito escrivão do seu officio (espingardeiro))
110	1703		Gonçalves (José)	Eleito escrivão do seu officio (espingardeiro)
111	c. 1718	Santarém	Gonçalves (Manuel)	Espingardeiro
112	1703		Gonçalves (Mathias) <sup>939</sup>	Espadeiro
113	1482	Évora	Gonçalves (Nuno)	Espingardeiro (coronheiro)
114	1462	Figueira	Gonçalves (Pero)	Besteiro
115	1807	Espadau	Graeft (JohamFriederich)	Mestre serralheiro de feixos
116	1685	Barcarena	Grambois (Claudio) <sup>940</sup>	Ferreiro
117			Guedes Dias (L. F.) <sup>941</sup>	Espingardeiro
118	1442	Santarém	Guimarães (João de)	Ferreiro (besteiro)
119	1558	Lisboa	Henriques (Lamberto) <sup>942</sup>	Espingardeiro e arcabuzeiro
120	1637	Lisboa	Horta (Antonio de)	Espingardeiro (coronheiro)
121	1694	Lisboa	Jacques (Francisco)	Mestre coronheiro
122	1575		Jacques (Simão)	Mestre espingardeiro francês
123	1442	Santarém	João (Mestre)	Besteiro

- 
- Antonio Pedro.
  - João Gomes.

<sup>939</sup> Ver referência relacionada a José Rodrigues.

<sup>940</sup> Claudio Grambois em sociedade com Roland Duclos, ambos franceses, foral sócio na fabrica de arames que estabeleceram em Barcarena.

<sup>941</sup> L. F. Guedes Dias é considerado inventor de um novo tipo de espingarda que recebe o seu apelido, *Guedes*.

<sup>942</sup> Lamberto Henriques era flamengo e também era condestável dos bombeiros.

124	1695	Lisboa	Jorge (Silvestre)	Mestre serralheiro espingardeiro
125	1764	Alemquer	José (Domingos)	Espingardeiro
126	1806	Lisboa	Koenig (João) <sup>943</sup>	Mestre de canos (espingardeiro)
127	1806		Kraatz (Emmanuel)	Artífice prussiano
128	1724	Lisboa	Lara (João de) <sup>944</sup>	Espingardeiro
129	1714	Lisboa	Larre (João de)	Espingardeiro
130	1783	Braga	Lazarino (Lazaro)	Espingardeiro
131	c.1718	Lisboa	Leão	Espingardeiro
132	1809	Brasil	Lebek (Eustachius Ludwig)	Armeiro
133	1809	Brasil	Lebek (João Julião)	Armeiro

<sup>943</sup> João Koenig (mestre de canos), João Frederico Mendel (mestre polidor) e João Jorge Winkler (mestre serralheiro) foram três artesãos contratados em Potsdam (Prússia). Na mesma época, outros artesãos também foram contratados por um período de dez anos, quando deveriam trabalhar nos arsenais de Lisboa e do Porto e ensinar aos aprendizes:

- Johann Peter Tesh (Porto) – mestre fabricante de baionetas, folhas e varetas.
- Johan Gotifried Rottenberger (Lisboa) – mestre fabricante de baionetas, folhas e varetas.
- Johan Wilhelm Moll (Porto) – Mestre aguçador de baionetas e folhas.
- George Heinrich (Porto) – Mestre aguçador de baionetas e folhas.
- Christian Aurin (Lisboa) – Mestre aguçador de baionetas e folhas.
- Johan George Bauer (Lisboa) – Mestre ferreiro.
- Johan Friedrich Graeff (Lisboa) – Mestre serralheiro de feixos.
- Johan Daniel Voigt (Lisboa) – Mestre ferreiro de equipagens.
- Johan Martin Ernst Riga (Lisboa) – Mestre de guarnecer feixos e sacatrapos.
- Peter Daniel Dinger (Lisboa) – Mestre temperador de ferro e aço.
- Friederich Wilhelm Meyer (Lisboa) – Oficial serralheiro.

Em 1810, os artesãos alemães foram transferidos para o Brasil e foram distribuídos entre o Rio de Janeiro e São Paulo:

- Johan Gotifried Rottenberger
- Johan George Bauer
- Johan Friedrich Graeff
- Johan Daniel Voigt
- Johan Mathias (Martin) Ernst *Riga*
- Friederich Wilhelm Meyer
- João Koenig
- J. M. Dumoulin
- Eustachius Ludwig Lebek
- João Julião Lebeck
- Emmanuel Kaatz
- F. Beth
- B. Baer

Em 1817, ao final do contrato de dez anos, alguns já tinham morrido, e outros fizeram um novo contrato de cinco anos ou voltaram para a Alemanha.

<sup>944</sup> Espingardeiro do Conde de Unhão que tinha oficina na sua casa.

134	1736	Lisboa	Leitão (Antonio) <sup>945</sup>	Espadeiro
135	1687	Ilha Terceira	Lobão (Antonio)	Armeiro
136	1449	Lisboa	Lopes (Diogo)	Torneiro
137	1618	Lisboa	Lopes (Manuel)	Mosqueteiro e arcabuzeiro
138	1674	Alentejo, Elvas e Extremoz	Lopes (Manuel 2º)	Armeiro
139	1722	Lisboa	Lopes de Abreu (Diogo)	Armeiro
140	1735	Braga	Lopes Ferreira (Davi)	Espingardeiro
141	1736	Lisboa	Lopes Moreno (Manuel)	Mestre serralheiro: conserta baionetas.
142	1703	Lisboa	Lopes Prata (Manuel) <sup>946</sup>	Espingardeiro
143	1896	Lisboa	Loureiro da Fonseca (Alfredo)	Inventor de uma novo tipo de pistola.
144	1618	Lisboa	Lourenço (Luiz)	Mestre de arcabuzes
145	1454	Vila de Mertola	Lourenço (Pedro)	Asteeiro
146	1872	Lisboa	Mardel (Luiz) <sup>947</sup>	
147			Marques (O.) <sup>948</sup>	Espadeiro
148			Martinez (Afonso) <sup>949</sup>	Arcabuzeiro (espanhol)
149	1637	Lisboa	Martins (Antonio)	Marceneiro (mestre coronheiro)
150	1900		Mathias (Nunes) <sup>950</sup>	
151			Meira (Ignácio Pinheiro) <sup>951</sup>	Espingardeiro
152	1789	Lisboa	Meira (Veríssimo de)	Mestre espingardeiro

<sup>945</sup> Com o seu escrivão Domingos Rodrigues e Manoel Jorge assinaram um termo de compromisso, em 3 de novembro de 1736, no Armazém do Reino, que fariam o reparo de 1104 espadas largas. No entanto, ao que parece segundo uma nota acrescentada ao contrato este contrato não foi executado.

<sup>946</sup> Como espingardeiro o seu trabalho principal seria fazer a colocação de duas braçadeiras nas espingardas que o rei comprou e mandou vir da Holanda.

<sup>947</sup> Luiz Mardel, oficial superior da marinha, foi sócio correspondente da Academia Real de Ciências e autor do livro *História da Arma de fogo portátil*, editada em dois volumes, o primeiro em 1893 e o segundo em 1896.

<sup>948</sup> O rei D. Carlos possuía uma espada feita por O. Marques.

<sup>949</sup> Afonso Martinez, espanhol, trabalhou como arcabuzeiro em Portugal na época de D. João V.

<sup>950</sup> Nunes Mathias, coronel de artilharia, publicou a obra intitulada *Estudo de uma arma de fogo portátil, sob o ponto de vista balístico*, editada pela Tipografia da Direção do serviço de artilharia, em 1900.

<sup>951</sup> O texto de Sousa Viterbo apenas informa que foi acrescentado a lista da *Espingarda Perfeita* pelo Visconde de Vilarinho, o que corresponde a dizer que foi um excelente artesão espingardeiro, porém nada é dito sobre a época em que exerceu a sua arte em Portugal.



<b>153</b>	1806	Lisboa	Mendel (João Frederico) <sup>952</sup>	Mestre polidor
<b>154</b>	c.1718	Santarém	Mendes (Domingos)	Espingardeiro
<b>155</b>	1672	Lisboa	Mendes (Francisco)	Mestre dourador (armeiro)
<b>156</b>	1694		Mendes (Francisco 2º)	Mestre coronheiro
<b>157</b>	1679	Lisboa	Mendes (Luiz)	Espingardeiro
<b>158</b>	1789		Mendes (LuisAntonio)	Espingardeiro
<b>159</b>	1848	Porto	Mesnier (Raul) <sup>953</sup>	Pesquisador
<b>160</b>	1768		Moreira (Bento) <sup>954</sup>	armeiro
<b>161</b>	1646	Torres Vedra	Moreira (Pedro)	Espingardeiro
<b>162</b>	1707	Armazens do reino	Mota (Francisco de)	Mestre serralheiro
<b>163</b>	1697	Évora	Murteira (Bartholomeu)	Espingardeiro
<b>164</b>	1697	Évora	Murteira (Bartholomeu) 2º	Espingardeiro
<b>165</b>	1797 a 1818	Lisboa	Nascimento Gomes (Manuel)	Espingardeiro
<b>166</b>	1736	Armazéns do Reino	Nogueira Franco (Jeroyumo)	Mestre espadeiro
<b>167</b>	1595	Lagos	Novaes (Domingos de)	Espingardeiro
<b>168</b>		Lisboa	Nunes (Braz)	Mestre espingardeiro
<b>169</b>	1733	Lisboa	Nunes (José)	Mestre espingardeiro
<b>170</b>	c.1718	Lisboa	Oliveira (Antonio)	Espingardeiro
<b>171</b>	1793	Arsenal	Oliveira (Joaquim José de)	Aparelhador
<b>172</b>	1810		Oliveira (José Antonio de)	Relojoeiro e espingardeiro
<b>173</b>	1621	Vila Loulé	Oliveira (Manuel de)	Espingardeiro
<b>174</b>	1736	Armazéns do Reino	Oliveira (Manuel de) 2º	Mestre latoeiro (fazia frasquinhos de couro)
<b>175</b>	1637	Lisboa	Orta (Antonio)	Mestre de fazer coronhas
<b>176</b>	1735	Armazéns do Reino	Passos (Antonio de)	Cutileiro
<b>177</b>	1782		Paula (Francisco de)	Eleito escrivão do seu ofício
<b>178</b>	1515	Oeiras	Pedro (João)	Armeiro

<sup>952</sup> João Mendel Frederico foi um dos três artesãos contratados em Potsdam, em 1806, para trabalhar nos arsenais de Portugal, como já foi referido anteriormente.

<sup>953</sup> Raul Mesnier foi um engenheiro militar dedicado às ciências mecânicas entre uma grande variedade de projetos também desenvolveu pesquisa para propor modificações em alguns tipos de armas espingardas.

<sup>954</sup> O rei D. Carlos possuía uma pistola construída por Bento Moreira.

179	c.1718	Montemor-o-Novo	Pegas	Espingardeiro
180	1885	Braga	Pereira Caldas (Dr. José Joaquim da Silva)	Autor
181			Pereira Vianna (Antonio José)	Espingardeiro
182	1769		Pereira (Manuel)	Eleito juiz novo
183	1647	Lisboa	Peres (Christovão)	Serralheiro
184	1668	Armazéns do Reino	Peres (Vicente)	Espingardeiro
185	1668	Armazéns do Reino	Peres de Andrade (Manuel)	Espingardeiro
186	1542	Armazém Real	Peres de Caviane (João) - Biscainho	Arcabuzeiro e espingardeiro
187	1758	Castelo de Vide	Pinella (Matheus Rodrigues)	Mestre espingardeiro
188	1738	Lisboa	Pinheiro da Silva (Ignácio)	Espingardeiro
189	1482	Setubal	Pinto (João Esteves)	Espingardeiro do Príncipe.
190	1840	Vizela	Reis (Alfredo José dos)	Espingardeiro
191	1728	Portalegre	Reis (Xavier dos) <sup>955</sup>	Espingardeiro
192	c. 1718	Viseu	Ribeiro (Bonifácio) <sup>956</sup>	Espingardeiro
193	1695	Lisboa (Armazém do Reino)	Ribeiro (Diogo) <sup>957</sup>	Espingardeiro
194	1736	Lisboa	Ribeiro (Domingos) <sup>958</sup>	Espadeiro
195	1667	Lisboa (Armazém do Reino)	João (Ribeiro) <sup>959</sup>	Coronheiro e lanceiro
196	1672	Lisboa	Ribeiro (João 2º)	Armeiro dourador
197	1806	Lisboa e <b>Brasil</b>	Riga (Johan Martin Ernst) <sup>960</sup>	Mestre de guarnecer feixos e sacatrapos.
198	1442	Évora	Rodrigues (Afonso)	Mestre em fazer bestas de aço.

<sup>955</sup> Ao artesão Xavier dos Reis o rei D, João V lhe concedeu por carta, em 3 de fevereiro de 1728, o privilégio de ser o seu espingardeiro.

<sup>956</sup> Bonifácio Ribeiro teve o seu nome relacionado na *Espingarda Perfeita*. Como no texto não há nenhuma menção à época que exerceu o seu ofício em Portugal, foi considerada a data de publicação da obra, como foi feito nos casos semelhantes anteriores.

<sup>957</sup> Um dos seus trabalhos no Armazém do Reino, em Lisboa, foi fazer cinco arcabuzes de um mesmo modelo que a ele foi apresentado.

<sup>958</sup> Como já foi citado anteriormente, Antonio Leitão, Domingos Ribeiro e Manuel Jorge, como espadeiros, em 1736 assinaram um contrato com o Armazém do Reino, em Lisboa, para fazer o reparo em 1104 espadas.

<sup>959</sup> Antonio Martins, após ter trabalhado 35 anos no Armazém do Reino, em 1667 foi substituído por João Ribeiro.

<sup>960</sup> O seu nome está incluído na lista dos prussianos que foram contratados em 1806 para trabalhar em Portugal, ver nota referente a João Koenig, assim como na lista dos que seguiram para trabalhar no Brasil, em 1810.

199	1826		Rodrigues (Constantino José)	Espingardeiro. Foi eleito escrivão do seu ofício
200	1709	Lisboa	Rodrigues (Diogo)	Espingardeiro do Conselho Ultramarino.
201	1769		Rodrigo (Faustino José)	Eleito juiz mais velho da sua corporação.
202	1515	1715	Rodrigo (Francisco)	Armeiro
203	1715	Lisboa	Rodrigues (João) <sup>961</sup>	Espingardeiro
204	1703		Rodrigues (José) <sup>962</sup>	Espadeiro
205	1687	Angra da Ilha Terceira (armazém de armas)	Rodrigues (Manuel)	Serralheiro
206	1688	Lisboa (armazém da fundição)	Rodrigues (Rafael)	Armeiro
207	1642		Rodrigues Durão (Bento) <sup>963</sup>	Armeiro
208	1809	Portugal	Rothemberger (Joham Gottfried) <sup>964</sup>	

<sup>961</sup> João Rodrigues é um dos três autores da obra intitulada *Espingarda Perfeita*, onde apresentam uma relação dos *mestres antigos e modernos* que serviram aos reis de Portugal, sem no entanto precisar para cada um a época em que atuaram:

Mestres antigos:

- Caxeyro (Évora).
- Cordeyro (Vila Viçosa).
- Coelho, o pai (Moura).
- Coelho, o filho (Moura).
- Bonifácio Ribeiro (Viseu).
- Pégas (Montemór).
- Manuel Gonçalves, o pai (Santarém).
- Domingos Mendes, o filho (Santarém).
- Serrão (Santarém).
- Simão Barreiros (Elvas).

Mestres modernos:

- Leão.
- Francisco Antunes.
- Marcos Antunes (irmão de Francisco Antunes).
- Luiz Mendes.
- Antonio Francisco.
- Antonio de Oliveira.

<sup>962</sup> José Rodrigues e José Mathias foram contratados em 1703 para fabricar mil espadas aparelhadas com suas guarnições e bainhas. Ao preço de 1000 réis cada uma.

<sup>963</sup> Em sua época era considerado um dos melhores armeiros a serviço de Portugal.

<sup>964</sup> Joam Gottfried Rothemberger pertenceu ao grupo de artesãos que foram contratados na Prússia para trabalhar em Portugal, em 1809, e no ano seguinte partiram para trabalhar no Brasil.

		<b>Brasil</b>		
<b>209</b>			Salgado (João)	Espingardeiro
<b>210</b>	1576	Lisboa	Samsão	Mestre de espingarda
<b>211</b>	1808	<b>Rio de Janeiro,</b> Real Fábrica da Conceição <sup>965</sup>	Sequeira (João Batista) <sup>966</sup>	Mestre espingardeiro
<b>212</b>	c. 1718	Santarém	Serrão <sup>967</sup>	Espingardeiro
<b>213</b>	1736	Fabrica de armas (Lisboa)	Sicar (Maurício)	Contramestre espingardeiro
<b>214</b>	1723	Pernambuco (Armazém Real)	Silva (Jacinto da)	Armeiro
<b>215</b>	1783	Fabrica de armas (Lisboa)	Silva (Joaquim Antonio da) <sup>968</sup>	Contramestre espingardeiro
<b>216</b>	1770	Braga	Silva (José da) <sup>969</sup>	Mestre de ofício de armeiro
<b>217</b>	1748	Minas de Goyazes <sup>970</sup> <b>(Brasil)</b>	Silva Vieira (Theodosio da) <sup>971</sup>	Mestre espingardeiro

<sup>965</sup> Em 1713, após a invasão francesa ao Rio de Janeiro pelo corsário René Duguay-Trouin, em 1711, é construída sobre o morro da Conceição uma fortaleza para melhorar o sistema de defesa do porto da cidade. Em 1765, o Vice-Rei Conde da Cunha ordena a construção de uma “Casa de Armas” dentro do recinto da fortaleza, a qual deveria servir de depósito das armas das tropas coloniais. O local do depósito ficou conhecido como a “Capela” da Fortaleza, no interior da qual também existia uma masmorra. Em 1769, uma oficina própria para reparar armas foi construída junto à Casa de Armas, a qual foi o núcleo que deu origem à Real Fábrica de Armas do Rio de Janeiro. Com a chegada de D. João VI ao Brasil, em 1808, os mestres artesãos necessários para iniciar a produção de armas também começaram a chegar às oficinas da Fortaleza do Morro da Conceição. A Fábrica de Armas funcionou no morro da Conceição até 1899, quando suas oficinas foram removidas para o novo Arsenal de Guerra.

<sup>966</sup> O mestre espingardeiro João Batista Sequeira trabalhou na Real Fábrica de Armas da Conceição. Em 1817 fabricou uma espingarda para a coleção de D. João VI. Na coleção do rei D. Carlos também havia uma espingarda deste mestre fabricada no Rio de Janeiro em 1816.

<sup>967</sup> O espingardeiro Serrão, que talvez se chamasse Manuel, devido as suas iniciais gravadas nas armas, M.S., foi relacionado no texto *Espingarda Perfeita*.

<sup>968</sup> Joaquim Antonio da Silva assumiu a função de contramestre na Real Fábrica de Armas no lugar de Maurício Sicar que havia falecido. Em 1792, por razão da morte do mestre Veríssimo Vieira da Oficina de Espingardeiros do Arsenal o substitui e é promovido a mestre.

<sup>969</sup> José da Silva, em 10 de junho de 1770, ganhou o privilégio de exercer o ofício de mestre armeiro com loja aberta na cidade de Braga, quando apenas um único mestre armeiro existia na cidade.

<sup>970</sup> Em 1726, o bandeirante Bartolomeu da Silva acompanhado de seu filho de mesmo nome, ambos conhecidos como o Anhangueira, após muito procurar encontraram ouro de aluvião no leito do rio que atualmente é denominado Vermelho, em Goiás. A região na época era habitada pelos índios Goyazes, e por essa razão as lavras de ouro da região passaram a ser chamadas de Minas de Goyazes. Em 1728, já havia na região de Minas Goyaz quatro arraiais: Barra; Ouro Fino; Ferreiro; Sant’Anna. O arraial de Sant’Anna se transformou em Vila Boa de Goazes, que mais tarde se tornou a cidade de Goiás. A partir de 1730, o acesso à região passou a ser controlado e permitido por um único caminho que vinha de São Paulo, local da cobrança do imposto cujo valor equivalia à quinta parte do ouro extraído (Fonte: <http://cidadeshistoricasgoias.com.br/cidadedegoias/a-cidade/>, acesso em: 18;06;2012). Na Vila

218	1647	Lisboa	Simões (Antonio) <sup>972</sup>	Serralheiro
219	1705	Porto	Soares de Carvalho (João) <sup>973</sup>	Serralheiro
220	1772		Sousa (Manuel José)	Eleito juiz mais novo do seu ofício.
221	1719	Lisboa	Stooter (João) <sup>974</sup>	Lapidário
222		Lisboa	Suarez (Melchior) <sup>975</sup>	Espadeiro
223	1688	Armazéns reais.	Teixeira (Pedro)	Armeiro
224	1761	Braga	Teixeira de Azevedo (João) <sup>976</sup>	Mestre espingardeiro
225	1807	Lisboa ou Porto (arsenais)	Tesch (Johan Peter) <sup>977</sup>	Mestre ferreiro
226	1758 <sup>978</sup>	Vila de Castelo	Torrão (Manuel Gomes)	Espingardeiro
227	1461	Lisboa	Vasques (Pero)	Mestre em fazer espingardas
228	1534	Lisboa	Vaz (Estevão)	Adargueiro
229	1720	Lisboa	Vaz (Francisco)	Espingardeiro
230	1688	Lisboa	Vaz Nogueira (Francisco)	Armeiro
231	1822	Porto	Vianna (Antonio José Pereira)	Espingardeiro
232	1705	Lisboa	Viçoso (Manuel Rodrigues)	Cuteleiro
233	1870	Porto	Vilarinho de S. Romão (Visconde de) <sup>979</sup>	

Boa de Goyazes, segundo VIETERBO (1908), foram espingardeiros Manoel José Braga (1746) e filho Felix de Araujo Braga (1744), que provavelmente era seu filho.

<sup>971</sup>Theodosio da Silva Vieira, mestre examinado no ofício de espingardeiro, residia em Minas de Goyazes quando faleceu o mestre espingardeiro do lugar, Manuel José Braga. Em 9 de agosto de 1748, o rei D. João V lhe concedeu por carta o privilégio de ser mestre espingardeiro do lugar, em substituição a Manuel José Braga, para que ali continuasse a fabricar e limpar armas.

<sup>972</sup>Antonio Simões, residente no Terreiro do Paço, tinha a obrigação de entregar a cada mês, nos Armazéns do Reino, seis fechos para carabinas.

<sup>973</sup>Em 1705, João Soares de Carvalho fez entrega de uma encomenda de 1000 baionetas, por ele fabricadas, para atender a encomenda do Tenente General da Artilharia João de Saldanha de Albuquerque.

<sup>974</sup>João Stooter, lapidário, perito em rachar e lapidar diamantes, foi homem de negócio em Lisboa por mais de 26 anos; Um apaixonado pela caça e tudo que era relacionado a esse exercício, inclusive a espingardaria. Natural de Anvers, ali publicou em 1719, *em língua portuguesa*, "Espingardeiro com conta, peso e medida...". A obra mostra como na época do reinado de D. João V foi intensa a atividade dos armeiros portugueses

<sup>975</sup>Melchior Suarez foi um espadeiro de Toledo que também trabalhou em Portugal, como consta, segundo Viterbo, no Catálogo de la Real Armaria. Porém, nenhuma época ou data foi associado a este armeiro.

<sup>976</sup>Em 1761, o mestre espingardeiro João Teixeira de Azevedo obteve o privilégio de ter loja aberta para exercer o seu ofício na cidade de Braga, onde existia apenas um único mestre espingardeiro com este privilégio.

<sup>977</sup>Johan Peter Tesch faz parte do grupo de artesãos contratados na Real fábrica de armas de Potsdam para trabalharem por um período de 10 anos em Portugal (Ver nota referente a João Koenig).

<sup>978</sup>Data do seu falecimento.

<b>234</b>	1807	Lisboa ou Porto (arsenais)	Voigt ((Johan Daniel) <sup>980</sup>	Ferreiro de equipagens
<b>235</b>	1806	Lisboa ou Porto (arsenais)	Winkler (João Jorge) <sup>981</sup>	Mestre serralheiro
<b>236</b>	1794	Fábrica do arsenal	Xavier (Jacinto)	Mestre espingardeiro
<b>237</b>			Zozimo (Padre Pedro) <sup>982</sup>	

---

<sup>979</sup> Autor de um breve manuscrito onde faz comentários sobre a *Espingarda Perfeita*.

<sup>980</sup> Ver João Koenig.

<sup>981</sup> Idem.

<sup>982</sup> Autor da obra intitulada *Uma espingarda de três canos*. Nenhuma data lhe é atribuído em VITERBO (1908).



## ANEXO V - O FABRICO DE PÓLVORA EM PORTUGAL.

Um resumo dos dados fornecidos por Sousa Viterbo no artigo publicado na *Revista Militar*, ano XLVIII, 1896<sup>983</sup>.

### Introdução

Em Portugal, no ano de 1896, o historiador Sousa Viterbo publicou na *Revista Militar* o resultado de mais uma de suas longas pesquisas nos arquivos portugueses da Torre do Tombo. Com o texto *O Fabrico de Pólvora em Portugal* o autor pretendeu deixar subsídios para aos futuros historiadores que se dedicassem ao tema. Os dados, retirados das cartas de nomeação que estão arquivadas na Torre do Tombo, e que foram transcritas no texto de Viterbo, estão a seguir resumidos.

	ANO	LOCAL	NOME	OBSERVAÇÕES
1	1442	Lamego/Porto	Afonso Vasques	Mestre de fazer salitre. <sup>984</sup>
	1443	Lamego/Porto	Afonso Vasques	Mestre mor de fazer salitre e pólvora. <sup>985</sup>
2	1466	Estremoz	Balthazar	D. Afonso V lhe deu licença para extrair salitre em qualquer lugar do Reino. <sup>986</sup>
3	1490	Armazém de Lisboa	Mestre Jorge	Polvorista (estrangeiro) que deveria ensinar o seu ofício a Pero ou Pedro Flamengo. <sup>987</sup>
4	1490	Armazém de Lisboa	Pero ou Pedro Flamengo	Discípulo do Mestre Jorge (provavelmente era estrangeiro, Flamengo) <sup>988</sup> .
5	1484	Vila de	Fernando	Bombardeiro (castelhano) e mestre de salitre. <sup>989,990</sup>

<sup>983</sup> Atualmente, a *Revista Militar* de 1896 é uma obra rara de acesso restrito que pertence ao acervo da Biblioteca Nacional de Lisboa

<sup>984</sup> Torre do Tombo \_ Chancelaria de D. Afonso V, L.º 23, fls. 94.

<sup>985</sup> Torre do Tombo \_ Chancelaria de D. Afonso V, L.º 24, fls. 27.

<sup>986</sup> Torre do Tombo \_ Chancelaria de D. Afonso V, L.º 14, fls. 52.

<sup>987</sup> Torre do Tombo \_ Chancelaria de D. João II, L.º 13, fls. 136.

<sup>988</sup> Torre do Tombo \_ Chancelaria de D. João II, L.º 13, fls. 136.

<sup>989</sup> Torre do Tombo \_ Chancelaria de D. João II, L.º 23, fls. 90 verso.



		Santarém		
6	1507-1527	Índia (Cochim)	João Luís (Condestável mor da Índia)	Fundidor de artilharia, carpinteiro, preparava os artificios de fogo, polvorista (provavelmente espanhol). Em carta ao rei D. João III, datada de 2 de janeiro de 1527 <sup>991</sup> , João Luís, Condestável mor da Índia há seis anos, faz um breve resumo das suas atividades desde à Índia chegou, em 1507. Neste relato João Luís informa o ao rei que em 20 anos já havia fundido na Índia mais de 70 peças de artilharia e reparado muitas peças de ferro [forjado] com cintas de cobre. Durante o cerco a Goa, capitaneado por Afonso de Albuquerque, fundiu moedas que foram utilizadas para fazer pagamento aos trabalhadores. Como polvorista, promoveu melhorias na segurança da Casa da Pólvora, modificando o sistema motor do engenho. Para evitar perigosas centelhas, a roda motora movida por uma besta passou para o lado externo da Casa.
	1512	Índia (Chaul))	Pedro Afonso (Condestável em Chaul)	<p>Em Goa, no ano de 1548, Ruy Dias escreve uma carta ao vedor da fazenda, Simão Botelho, na qual pede um melhor reconhecimento ao condestável português Pedro Afonso, que em sua opinião era um dos melhores polvorista na Índia, cuja competência era reconhecida pelos polvaristas estrangeiros, como os alemães que serviam na Índia.</p> <p>Pedro Afonso, Português, natural de Arruda, homem de armas, filho de Affonso Annes e Catharina Gonçalves, partiu para a Índia em 1512 como um aventureiro na armada de Jorge de Mello. Homem curioso, inventivo e que aprendeu a fazer pólvora. No engenho o condestável Pedro Afonso produzia mais pólvora e melhor que o condestável João Luís, e com menor custo. Em um dia produzia quatro quintaes enquanto João, com quatro rodas e engenho muito grande, apenas três. Mas, apesar de eficiente e homem de bom caráter, o condestável Pedro não tinha obtido a fama e a riqueza de João Luís, que Ruy Dias considerava malicioso, avarento, e que gostava de lisonjear os governadores. O que mais preocupava ao autor da carta era a inveja dos outros condestáveis que colocava a vida de Pedro em perigo. Na época, havia suspeita de que o condestável de Goa, Guilherme Bruges, tinha mandado assassinar um condestável português apenas porque ameaçava seu cargo.<sup>992</sup></p> <p>As pesquisas de Sousa Viterbo aos arquivos portugueses lhe permitiram encontrar quatro cartas de</p>

<sup>990</sup> Os dados tornam evidente que até o final do século XV a produção de pólvora em Portugal estava entregue a polvoristas estrangeiros.

<sup>991</sup> Torre do Tombo \_ Corpo Cronológico, Parte I, maço 35, doc. 70.

<sup>992</sup> Torre do Tombo \_ Corpo Cronológico, parte I, maço 81, doc. 98.

				Simão Botelho, publicadas pela Academia Real das Ciências nos Subsídios da Índia Portuguesa. Em nenhuma delas Simão Botelho fez qualquer tipo de referência ao condestável Pedro Afonso.
8	1538-1543	Índia (Goa)	Guilherme de Bruges (Condestável-mór dos bombardeiros de Goa)	<p>Guilherme de Bruges, provavelmente de procedência flamenga, era <i>bombardeiro da nomina</i>, condestável mor dos bombardeiros de Goa, e também tinha ao seu cargo o fabrico da pólvora. Ao que parece, o lugar de mestre da pólvora era inerente ao condestável de bombardeiros.</p> <p>Em Goa, a fábrica de pólvora estava sob a direção do francês <i>Petilois</i> (Petit Louis). Nesta época, o Governador das Índias Nuno da Cunha muito desenvolveu os arsenais e a tudo tratava com um especial cuidado. Ainda hoje existem notáveis peças de artilharia fundidas nos arsenais da Índia.</p> <p>Em Portugal, nas 16 oficinas mandadas construir por D. Manuel, os bombardeiros alemães e flamengos foram instrutores.<sup>993</sup></p>
9	1553	Torres Novas	Antonio Gonçalves	Morador de Torres Novas, filho de Gonçalo Dias, tivera a seu cargo as lapas [grutas], de onde tirava o salitre necessário para fazer a pólvora, assim como a direção das caldeiras e dos aparelhos necessários para produção do salitre. Foi nomeado em 13 de fevereiro de 1553, por D. João III, para ocupar o lugar do pai que havia falecido <sup>994</sup> .
10	1536 – 1550	Évora	Antonio Bispo	<p>Bombardeiro na nomina, que se supõe ser português, condestável de todos os bombeiros, substituiu por falecimento o condestável Vynolte de Leue (Cleve), alemão<sup>995</sup>, que por sua vez já tinha substituído, em 1525, Giraldo, que provavelmente também era alemão. Antonio Bispo já trabalhava na Casa da Pólvora de Évora na época da substituição de Giraldo.</p> <p>A carta que nomeia Antonio Bispo em 9 de dezembro de 1536 é muito interessante. No seu texto, entre outras coisas está descrito o que se esperava do serviço de um bombardeiro: “saibam mui bem tyrar tyros grosos e meudos, e fazer tudo aquilo que hum bombardeiro hade saber no dito officio, e que sejam</p>

<sup>993</sup> Torre do Tombo \_ Chancelaria de D. João III, Doações, L.º 49, fls. 26.

<sup>994</sup> Torre do Tombo – Chancelaria de D. João III, Doações, L.º 58, folio 4.

<sup>995</sup> Nesta época, quando reinava D. João III, os bombardeiros em Portugal eram em sua maior parte alemães ou flamengos (VITERBO, Sousa. *O Fabrico da pólvora em Portugal*. Revista Militar, ano 48, 1896, p. 120).

				homês maços, fora de descomcerto, e que saiba allgua arte de marear” [sic]. <sup>996</sup> A exigência de saber alguma coisa sobre a arte de marear torna claro que seriam bombeiros embarcados.
11	1550-1567	Évora	Afonso Madeira	Em 22 de outubro de 1550, o bombardeiro da nomina Afonso Madeira foi nomeado para o lugar de Antonio Bispo que havia falecido. <sup>997</sup>
12	1567- c.1583	Évora	Matheus Fernandes	Em 15 de julho de 1567, o bombardeiro da nomina Matheus Fernandes foi nomeado mestre da pólvora para o lugar de Afonso Madeira que havia falecido. <sup>998</sup>  Matheus Fernandes faleceu em Lisboa do mal da peste, junto com dois filhos e três filhas, que parece trabalhavam com o pai. Em 1583, Filipe I, de Portugal (Filipe II na Espanha), concedeu uma tença de 20 mil-réis para Helena Ribeira, esposa de Matheus, e Maria Ribeira, única filha que sobreviveu a peste. <sup>999</sup>
13	1574	Índia (Goa)	Álvaro Pires	Em 8 de fevereiro de 1574, foi nomeado condestável e mestre da pólvora da cidade de Goa. <sup>1000</sup>
14	1578-1591	Ceuta / Lisboa	Afonso Martins	Afonso Martins, como mestre da pólvora, acompanhou D. Sebastião, em 1578, na jornada que o rei fez até a África para conquistar a cidade de Ceuta. Na cidade refinou toda a pólvora que lá existia. Com a derrota foi feito prisioneiro e retornou a Lisboa, onde continuou no exercício da profissão. Em um incêndio na Casa da Pólvora de Lisboa ficou queimado e cego, mas foi amparado por Filipe I [em Portugal, Filipe II na Espanha] por uma tença anual de 12 mil-réis, que começou a receber em 8 de julho de 1591. <sup>1001</sup>
15	1583	Brasil (Salvador)	Manuel de Padilha	Manuel Padilha, no Brasil, foi mandado pelo governador Manuel Telles Barreto ao sertão para descobrir minas de salitre. Infelizmente foi morto no caminho pelo gentio. <sup>1002</sup>

<sup>996</sup> Torre do Tombo \_ Chancelaria de D. João III, Doações, L.º 21, fls. 215.

<sup>997</sup> Torre do Tombo \_ Chancelaria de D. João III, Doações, L.º 69, fls. 148v.

<sup>998</sup> Torre do Tombo \_ Chancelaria de D. Sebastião e D. Henrique, Doações, L.º 17, fls. 470.

<sup>999</sup> Torre do Tombo \_ Chancelaria de D. Filipe I, Doações, L.º 4, fls. 125 v.

<sup>1000</sup> Torre do Tombo \_ Chancelaria de D. Sebastião e D. Henrique, L.º 30, fls. 318 v.

<sup>1001</sup> Torre do Tombo \_ Chancelaria de D. Filipe I, Doações, L.º 16, fls. 452.

<sup>1002</sup> Torre do Tombo \_ Chancelaria de D. Filipe I, Doações, L.º 24, fls. 287 v.

16	c.1559-1589	Açores (Iha Terceira)	Mice de Torres	Mice de Torres deveria ser italiano ou catalão, conforme está indicando o nome. Por mais de 30 anos foi condestável dos bombardeiros na Ilha Terceira. <sup>1003</sup>
17	1613	Brasil	Antonio Luiz Santa Cruz	Antonio Luiz Santa Cruz, polvorista, em 22 de novembro de 1613, foi nomeado mestre da pólvora do estado do Brasil, com a obrigação igualmente de refinar o salitre, onde e como lhe ordenasse o governador. <sup>1004</sup>
18	1619	Açores	Antonio Ferreira de Betencor	Antonio Ferreira de Betencor não era polvarista, era homem de leis, licenciado. Mas, Sousa Viterbo o incluiu em seu estudo porque negociou com Filipe II a possibilidade de enviar para a ilha dos Açores um salitreiro para descobrir e lavar salitre e um polvorista para fabricar pólvora. Em contrapartida, enviaria, a sua custa, cinqüenta casais para as novas povoações que se faziam no Maranhão e no Amazonas. D. Filipe II aceitou a oferta. <sup>1005</sup>
19	1640- c.1648	Brasil (Salvador)	Antonio Matheus	No último ano do reinado de Filipe III, em Portugal (Filipe IV na Espanha), em 26 de março de 1640, o capitão de artilharia Antonio Matheus, como polvarista do Brasil, partindo para aquele Estado com o vice-rei marques de Moltavão. <sup>1006</sup>
20	1648	Brasil (Rio de Janeiro / Salvador / Lisboa)	Manuel Matheus	Em 9 de dezembro de 1648, D. João IV nomeou para servir de polvarista na capitania do Rio de Janeiro, tendo juntamente com este cargo o de capitão de artilheiro, Manuel Matheus, para refinar 200 quintaes de pólvora ali existente, e depois passaria à Bahia de Todos os Santos para substituir o polvorista. Antonio Matheus [seu irmão], se este porventura estivesse falecido. <sup>1007</sup>  Em 1651, Manuel Matheus já estava de volta a Lisboa, onde tendo fábrica de fazer pólvora esta manifestou um incêndio no qual um só barril de pólvora explodiu e arruinou muitas casas a volta. Devido ao perigo que significavam as fábricas de pólvora na região urbana de Lisboa, a câmara procurou fechá-las e auxiliar seus proprietários para reabri-las em lugares mais distantes da cidade. Manuel Matheus recebeu por arrendamento o moinho de Barcarena e a oficina das Portas da Cruz.

<sup>1003</sup> Torre do Tombo \_ Chancelaria de D. Filipe I , Doações, L.º 24, fls. 7.

<sup>1004</sup> Torre do Tombo \_ Chancelaria de D. Filipe II, Doações, L.º 29, fls. 265.

<sup>1005</sup> Torre do Tombo \_ Chancelaria de D. Filipe II , Doações, L.º 42, fls. 140 v.

<sup>1006</sup> Torre do Tombo \_ Chancelaria de D. Filipe III , Doações, L.º 34, fls. 159.

<sup>1007</sup> Torre do Tombo \_ Chancelaria de D. João IV , Doações, L.º 20, fls. 140.

21	1652	Lisboa (Penha Longa e Ferrarias)	Simão Matheus	<p>Antonio Maia, correeiro examinado, tinha oficina de fazer pólvora em nome do filho, Simão Matheus. Após o acidente na oficina de Manuel Matheus, todos os polvaristas de Lisboa foram intimados a mudar suas fábricas para fora da cidade e recebeu cada um uma ajuda de 20 mil-réis para assentarem de novo suas fábricas fora da cidade.<sup>1008</sup></p> <p>Simão Matheus era homem engenhoso, e inventou um sistema de moinhos de vento com casa fixa que podiam trabalhar com todos os ventos, o qual aplicou no fabrico da pólvora. D. João IV lhe concedeu privilégio por tempo de dez anos, por alvará feito em Lisboa em 11 de abril de 1654, que nenhuma pessoa possa fazer no Reino sem a sua permissão moinho semelhante ao seu.<sup>1009</sup></p>
22	1627	Lisboa	Afonso Matheus	<p>Em 1627, Afonso Matheus já era polvorista em Lisboa. Em 1642, Afonso Matheus era um dos três polvorista com os quais a Tenência fez contrato para fabricação da pólvora. Os outros dois foram Sebastião Matheus e Filipe Ribeiro.</p> <p>Em 1645, Afonso Matheus, época em que já era cego, foi obrigado a trazer limpo à sua custa a lavada e açude de <i>Berquerena</i> [Barcarena].</p>
23	1653	Oeiras (ribeira de Barcarena)	Antonio Maia	<p>Era pai de Simão Matheus, como já foi referido acima, e com João Matheus e Manuel Matheus tinham fábrica de pólvora junto à ribeira de Barcarena.</p> <p>Em 1653, o senado responde ao rei que não faltavam oficinas para fazer pólvora em Lisboa, mas sim que existiam oficinas que fabricavam pólvora e vendiam-na secretamente aos particulares, no lugar de levá-la para a Torre da Pólvora, onde seria mais seguro guardá-la. No documento enviado ao rei se informa que as fábricas no interior da cidade não são necessárias porque as que já existiam junto à ribeira de Barcarena poderiam fazer mais pólvora se a encomendasse. Não havia falta de salitre, em terra havia mais de 1500 quintaes e nas naus da Índia vieram mais 3000. No entanto, estas fábricas estavam ociosas porque a nove ou dez meses estavam sem fazer nenhuma pólvora.<sup>1010</sup></p>

<sup>1008</sup> SOUSA VITERBO, *apud*: OLIVEIRA, Eduardo Freire de. *Elementos para a história do município de Lisboa*, tomo V, p. 363.

<sup>1009</sup> Torre do Tombo \_ Chancelaria de D. João IV , Doações, L.º 26, fls. 118 v.

<sup>1010</sup> SOUSA VITERBO, *apud*: OLIVEIRA, Eduardo Freire de. *Elementos para a história do município de Lisboa*, tomo V, p. 402.

24	1642	Oeiras (ribeira de Barcarena.	Sebastião Matheus	Tinha quatro moinhos de pólvora na ribeira de Barcarena, sendo três na fazenda de Gaspar Freire de Andrade, e outro mais abaixo. Foi um dos três polvorista, com quem a Tenência se contactou, em 1642, para que fabricassem pólvora.
25	1653	Lisboa	João Matheus	Tinha moinho de pólvora que lhe concedera D. João IV.
26	1651	Lisboa	Filipe Ribeiro	Tinha fábrica de pólvora na Porta da Cruz, mas a câmara de Lisboa vivia sempre em guerra com o polvoristas e os desejava ver do lado de fora das portas da cidade, em sítios menos povoado. No entanto, o poder central (D. João IV) sempre se mostrava contrario as determinações da câmara. <sup>1011</sup>
27	1653	Lisboa	Lucrecia Antunes	Uma mulher polvorista, Lucrecia Antunes, tinha fábrica de pólvora na Rua Formosa, mas foi notificada pela câmara em 1653 para que não mais exercesse a sua indústria naquele local, com pena, caso não cumprisse a ordem, de quinhentos cruzados e dez anos na Angola. Da mesma forma, sob a ameaça da mesma pena também foi notificado João Matheus, que deveria armazenar a pólvora na Torre da Pólvora, e se mudasse para lá para fabricá-la, para o que receberia 20 mil-réis para assentar sua fábrica no novo local. Da mesma forma, sob ameaça das mesmas penas também foi notificado Antonio Maia. <sup>1012</sup>
28	1671- c.1677	Índia	Simão Rodrigues Preto	Simão Rodrigues Preto, capitão de artilharia, foi nomeado para servir na Índia por dez anos como polvorista e refinar salitre, o qual foi examinado e mostrou ter conhecimento suficiente para exercer bem sua função. <sup>1013</sup>
29	1677- 1691	Índia (Goa)	Manuel Gonçalves Martins	Manuel Gonçalves Martins, cavaleiro da Ordem de Cristo, seguiu para Índia, nomeado em 3 de abril de 1677, provavelmente para substituir Simão Rodrigues Preto, o qual não deve ter permanecido os dez anos que se espera na função de polvorista. Na época, na Índia havia muita falta de polvorista. <sup>1014</sup>

<sup>1011</sup> SOUSA VITERBO, *apud*: OLIVEIRA, Eduardo Freire de. *Elementos para a história do município de Lisboa*, tomo V, p. 334.

<sup>1012</sup> SOUSA VITERBO, *apud*: OLIVEIRA, Eduardo Freire de. *Elementos para a história do município de Lisboa*, tomo V, p. 399.

<sup>1013</sup> Torre do Tombo \_ Chancelaria de D. Afonso VI, Doações, L.º 36, fls. 5.

<sup>1014</sup> Torre do Tombo \_ Chancelaria de D. Afonso VI, Doações, L.º 38, fls. 281.

30	1680- 1709	Índia (Goa)	Domingos Afonso	Em 30 de março de 1680, Domingos Afonso foi nomeado polvorista da cidade de Goa para substituir Manuel Gonçalves Martins em caso de não mostrar competência. No entanto, o vice-rei deixou que os dois trabalhassem em conjunto até que Manuel Gonçalves Martins faleceu. <sup>1015</sup>
31	1709	Índia (Goa)	Manuel Correia da Paixão	Manuel Correia da Paixão foi nomeado em 19 de fevereiro de 1709 para substituir em Goa, como polvorista, Domingos Afonso que havia falecido. <sup>1016</sup>
32	1686	Angola	Luiz Mendes Henriques	Luiz Mendes Henriques, capitão engenheiro, iria substituir José Ribeiro que havia falecido. Um homem de variadas aptidões, arquiteto militar, cartógrafo e polvarista, foi nomeado em 5 de maio de 1686. Como polvarista demonstrou grande habilidade, construindo com suas próprias mãos os aparelhos necessários para o refino da pólvora, assim como fez outros artificios do fogo. <sup>1017</sup>  Luiz Mendes foi promovido a sargento mor de Angola em 4 de março de 1700. <sup>1018</sup>
33	1740	Portugal	Frederico Jacob de Weinholtz	Engenheiro militar dinamarquês, no tempo de D. João V. Foi inventor de umas peças de tiro rápido (vinte tiros por minuto) experimentadas na Índia, com extraordinária vantagem, na campanha de 1740.
34	1806	Lisboa	Luiz de Sequeira Oliva	Luiz de Sequeira se formou em Direito pela Universidade de Coimbra. No entanto, pretendeu se dedicar ao estudo da química em Paris, onde foi seu professor [Louis Nicolas] Vaucqueli. Ao regressar a Portugal entrou para o real corpo de engenheiros como primeiro tenente.  Trabalhou sob as ordens do inspetor das oficinas do arsenal do exército, quando participou em observações e experiências de química que se realizavam para o progresso do mesmo arsenal e fabricas de pólvora e salitre.
35	(?)	Portugal	Joaquim José	Joaquim José Portelli, cujo nome pode indicar origem italiana, era sargento-mor de engenheiros e lente de

<sup>1015</sup> Torre do Tombo \_ Chancelaria de D. Pedro II, Doações, L.º 19, fls. 147.

<sup>1016</sup> Torre do Tombo \_ Chancelaria de D. João V, Ofícios de Mercês, L.º 30, fls. 305.

<sup>1017</sup> Torre do Tombo \_ Chancelaria de D. Pedro II, Doações, L.º 32, fls. 253 v..

<sup>1018</sup> Torre do Tombo \_ Chancelaria de D. Pedro II, Doações, L.º 53, fls. 305 v.

			Portelli	artilharia. Na biblioteca municipal do porto, informa VITERBO, há um manuscrito seu intitulado <i>Discurso sobre o salitre</i> .
36	(?)	Lisboa	Jacob Chrysostomo Praetorius	Sargento-mor do corpo de engenheiros na fábrica da pólvora de Alcântara e sócio da Academia Real das Ciências, na classe de ciências exatas.
37	1804	Lisboa / Brasil (Minas Gerais)	Manuel Jacinto Nogueira da Gama	Nasceu em São João d'El-Rei, na província de Minas Gerais, em 8 de setembro de 1765, e morreu no Rio de Janeiro, a 15 de fevereiro de 1847. Formou-se na faculdade de matemática e filosofia na Universidade de Coimbra e foi lente na Academia Real da Marinha, em Lisboa, de 16 de novembro de 1791 até o ano de 1801, em que foi despachado inspetor geral das nitreiras e fábrica de pólvora de Minas Gerais. No ano seguinte, promovido a tenente coronel do corpo de engenheiros, e em 1804 partiu para o Brasil, onde permaneceu mesmo após a independência, exercendo altos cargos <sup>1019</sup> .  A produção artificial de salitre sempre atraiu a atenção de Nogueira da Gama. Em Portugal analisou as vantagens da produção artificial de salitre. Em particular, analisou a nitreira artificial de Braço de Prata, um trabalho que foi lido na seção pública da Sociedade Real Marítima, Militar e Geográfica de 19 de janeiro de 1802, em Lisboa. Em seus trabalhos dá notícia da criação de pequenas nitreiras artificiais para ensaio em Portugal, uma na quinta do <i>Arco do Cego</i> , sob a direção de fr. José Mariano da Conceição Velloso, e outra na ribeira de Alcântara, sob a direção de João da Silva Feijó. No Brasil, Nogueira da Gama foi encarregado das nitreiras na capitania do Ceará.
38	1836	Lisboa	Celestino Soares (Pedro)	Foi ajudante do diretor da fábrica de Pólvora e deixou publicado alguns estudos sobre as técnicas utilizadas para medir a força da pólvora, entre ele um intitulado <i>Provete Portuguez</i> .
39	1852	Lisboa	João Manuel Cordeiro	Com a patente de General, que ainda estava vivo na época em que Sousa Viterbo escreveu seu trabalho, o nome de João Manuel Cordeiro foi colocado na pesquisa para finalizar a lista. Como trabalho relevante Manuel Cordeiro existe a sua análise da produção de salitre na vila de Moura, que foi publicado pela Imprensa Nacional no ano de 1854.

<sup>1019</sup> Viterbo informa que há um estudo bibliográfico sobre Manuel Jacinto Nogueira da Gama publicado no *Diccionario Bibliographico*, de Innocencio da Silva.





## ANEXO VI - CRONOLOGIA DOS REIS DE PORTUGAL<sup>1020</sup>

	PERÍODO	REI	
Primeira Dinastia	1128-1185	D. Afonso I (Afonso Henriques)	<i>O Conquistador</i>
	1185-1211	D. Sancho I	<i>O Povoador</i>
	1211-1223	D. Afonso II	<i>O Gordo</i>
	1223-1248	D. Sancho II	<i>O Capelo</i>
	1248-1279	D. Afonso III	<i>O Bolonhês</i>
	1279-1325	D. Dinis	<i>O Lavrador</i>
	1325-1357	D. Afonso IV	<i>O Bravo</i>
	1357-1367	D. Pedro I	<i>O Justiceiro</i>
	1367-1383	D. Fernando I	<i>O Formoso</i>
	1383-1385	PRIMEIRO INTERREGNO	
D. Beatriz			<i>A Pretendente</i>
D. João			<i>O Regedor e Defensor do Reino</i>
Segunda Dinastia	1385-1433	D. João I	<i>O de Boa Memória</i>
	1433-1438	D. Duarte	<i>O Eloquente</i>
	1438-1481	D. Afonso V	<i>O Africano</i>
	1481-1495	D. João II	<i>O Príncipe Perfeito</i>
	1495-1521	D. Manuel I	<i>O Venturoso</i>

<sup>1020</sup> Fonte: DAEHNHARDT, Rainer. *Espingarda Feiticeira – A Introdução da Arma de Fogo pelos Portugueses no Extremo-Oriente*. Texto Editora, Portugal, 1994, pp.120-121.

	1521-1557	D. João III	<i>O Piedoso</i>
	1557-1578	D. Sebastião	<i>O Desejado</i>
	1578-1580	D. Henrique (Cardeal-Rei)	<i>O Casto</i>
	1580-1580	SEGUNDO INTERREGNO Os Governadores do Reino	
D. Jorge de Almeida D. Francisco de Sá e Meneses D. João de Mascarenhas João Teles Meneses Diogo Lopes de Sousa (nos Açores até 1583) D. Antonio, Prior do Crato, <i>O Destemido</i>			

Terceira Dinastia	1580-1598	D. Filipe I (II de Espanha)	<i>O Prudente</i>
	1598-1621	D. Filipe II (III de Espanha)	<i>O Pio</i>
	1621-640	D. Filipe III (IV de Espanha)	<i>O Grande</i>

Quarta Dinastia	1640-1656	D. João IV	<i>O Restaurador</i>
	1656-1667	D. Afonso VI	<i>O Vitorioso</i>
	1667-1683	D. Pedro	<i>Príncipe Regente</i>
	1683-1706	D. Pedro II	<i>O Pacífico</i>
	1706-1750	D. João V	<i>O Magnânimo</i>
	1750-1777	D. José	<i>O Reformador</i>
	1777-1799	D. Maria I ( <b>D. Pedro III</b> )	<i>A Piedosa (O Capacidônio)</i>
	1799-1816	D. João	<i>Príncipe Regente</i>
	1816-1826	D. João VI	<i>O Clemente</i>
	1826-1828	D. Pedro IV	<i>O Rei Soldado</i>
	1828-1834	D. Miguel	<i>O Absolutista</i>

	1834-1853	D. Maria II (Nos Açores desde 1829)	<i>A Educadora</i>
	1853-1861	D. Pedro V	<i>O Esperançoso</i>
	1861-1889	D. Luís	<i>O Popular</i>
	1889-1908	D. Carlos	<i>O Desventurado</i>
	1908-1910	D. Manuel II	<i>O Patriota</i>



## ANEXO VII - UNIDADES DE MEDIDAS ARCAICAS<sup>1021</sup>

COMPRIMENTO (UNIDADES)	DIVISÕES PORTUGUESAS	VALOR MÉTRICO (cm)	
		PORTUGAL	INGLATERRA
Braça <sup>1022</sup>	10 palmos (2 varas)	220	
Pé	1,5 palmo (12 polegadas)	33	30,48
Palmo	8 polegadas	22	
Polegada	12 linhas	2,75	2,54
Linha	12 pontos	0,229	
Passo <sup>1023</sup>	2,5 pés	82	76

**Tabela:** Unidades arcaicas portuguesas e inglesas de comprimento.

<sup>1021</sup> Este anexo utilizou informações obtidas em ANDRADA & CASTRO (1993, 73), OLIVEIRA (2004, 33), DICIONÁRIO MARÍTIMO BRASILEIRO (1877, 151), FORTES (1993) e REIS (1947).

<sup>1022</sup> Na introdução do *O Engenheiro Português*, FORTES (1993) informa: 1 braça equivale a 10 primos (10 palmos); 1 primo = 10 segundos; 1 segundo = 10 terceiros; e assim sucessivamente. Na representação numérica não se separavam, como hoje, por vírgula, as frações decimais. Por exemplo, no lugar de 47,2805 se escrevia  $47\ 2^I\ 8^{II}\ 0^{III}\ 5^{IV}$ . Esses números não eram chamados de *decimais*, mas sim de *geométricos*, por sua exclusiva aplicação na Geometria.

<sup>1023</sup> O *passo* é uma antiga medida de extensão e equivale a dois pés e meio ou 82 centímetros (REIS, 1947, 250).

Origem	Um pé (valor em metro)
Portugal	0,329
Espanha	0,2789
França	0,3248
Inglaterra	0,3048
Prússia	0,3138
Áustria	0,3161
Bélgica	0,3048
Holanda	0,2830
Suécia	0,2970
China	0,3383

**Tabela:** O pé, uma unidade de comprimento que admitia diversos valores, conforme a nação que a utilizava.

MASSA (UNIDADES)	DIVISÕES PORTUGUESAS	VALOR MÉTRICO (gramas)	
		PORTUGAL	INGLATERRA
Quintal	4 arrobas	58.758	50.736
Arroba	32 libras	14.689,6	12.684
Arrátel (libra)	2 marcos	459,05	453
Onça	8 oitavas	28,691	28,3125
Oitava	72 grãos	3,586	

**Tabela:** Unidades arcaicas portuguesas e inglesas de massa.