

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

GIL ALVES SILVA

UMA HISTÓRIA DA CARTOGRAFIA CELESTE:
INFLEXÕES HISTÓRICAS E ANÁLISE DOS FATORES

RIO DE JANEIRO

2013

GIL ALVES SILVA

UMA HISTÓRIA DA CARTOGRAFIA CELESTE:
INFLEXÕES HISTÓRICAS E ANÁLISE DOS FATORES

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia.

Orientadores: Carlos Benevenuto Guisard Koehler
Oscar Toshiaki Matsuura

RIO DE JANEIRO

2013

Silva, Gil Alves.

Uma história da cartografia celeste: inflexões históricas e análise dos fatores / Gil Alves Silva. - 2013. 157f.: il.

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

Orientadores: Carlos Benevenuto Guisard Koehler; Oscar Toshiaki Matsuura.

1. Astronomia. 2. Cartografia Celeste. I. Koehler, Carlos Benevenuto Guisard; Matsuura, Oscar Toshiaki. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro. III. Uma história da cartografia celeste: inflexões históricas e análise dos fatores.

GIL ALVES SILVA

UMA HISTÓRIA DA CARTOGRAFIA CELESTE:
INFLEXÕES HISTÓRICAS E ANÁLISE DOS FATORES

Tese de Doutorado submetida ao Programa de Pós-Graduação em História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia, da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia.

Aprovada em 14/11/2013

Presidente, Prof. Dr. Carlos Benevenuto Guisard Koehler

Prof. Dr. Oscar Toshiaki Matsuura

Prof. Dr. Jorge de Albuquerque Vieira

Prof. Dr. Ricardo Silva Kubrusly

Prof. Dr. Antonio Carlos da Silva Miranda

Prof. Dr. Roberto Affonso Pimentel Júnior

Dedico este trabalho aos meus pais Gilberto e Vera, minha esposa Renata e minha filha Larissa, que sempre apostaram em mim e me deram total apoio, sendo neste longo período as pessoas com quem sempre pude contar, estando todo o tempo ao meu lado com carinho e paciência.

A Carlos Benevenuto Guisard Koehler e Oscar Toshiaki Matsuura, pela oportunidade e confiança.

Agradecimentos

Primeiramente agradeço a Deus por ter me dado força de vontade para nunca desistir, mesmo nos momentos de desânimo e dificuldades;

Ao Programa de Pós-Graduação em História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (HCTE-UFRJ), que me deu a oportunidade de explorar meus potenciais;

A CAPES, pelo apoio financeiro concedido durante o meu doutorado;

Ao Professor Dr. Carlos Benevenuto Guisard Koehler pelo apoio e a liberdade que sempre me deu para elaborar e desenvolver meus projetos dentro desse curso;

Ao Professor Dr. Oscar Toshiaki Matsuura pela maneira simpática e respeitosa como me conduziu na tarefa de orientador, sobretudo pela preocupação e critério com a elaboração desse trabalho;

A todos os professores, alunos e funcionários do HCTE – amigos que ganhei durante esses anos e que contribuíram para a minha formação;

Finalmente, agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização desse trabalho.

RESUMO

SILVA, Gil Alves. Uma história da cartografia celeste: inflexões históricas e análise dos fatores. Rio de Janeiro, 2013. Tese (Doutorado em História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

No ciclo de construção do conhecimento astronômico a função da cartografia celeste é representar o céu observado. Ao longo de sua história, a cartografia celeste passou por várias mudanças – fruto da intervenção de diversos fatores, que esse trabalho pretende investigar. Inicialmente foi feita uma abrangente pesquisa documental e iconográfica sobre a cartografia celeste, com ampla cobertura temporal e postura metodológica de evitar qualquer viés restritivo ao tema – exceto o de focalizar primordialmente a cartografia ocidental. Uma vez coletados os dados, procurou-se identificar as principais inflexões históricas, paralelamente com os fatores associados a essas inflexões, que foram divididos basicamente em 4 grupos: técnico-instrumentais (ligados ao desenvolvimento dos instrumentos e técnicas observacionais), teóricos (referentes às concepções astronômicas e cosmológicas), utilitários (que relacionam a cartografia às necessidades práticas) e sócio-culturais (aqueles extrínsecos à cartografia celeste e à astronomia). A complexa interação entre esses fatores e a incidência deles na cartografia celeste é discutida num panorama mais amplo – o da construção do conhecimento astronômico, onde a cartografia contribui oferecendo uma representação do universo, o objeto deste estudo.

Palavras-chave: Astronomia – Atlas Celestes – Cartas Celestes – Cartografia Celeste – História – História da Astronomia – História da Cartografia Celeste – Mapas Celestes

ABSTRACT

SILVA, Gil Alves. Uma história da cartografia celeste: inflexões históricas e análise dos fatores. Rio de Janeiro, 2013. Tese (Doutorado em História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

In the building cycle of the astronomical knowledge, the function of celestial cartography is to represent the observed sky. Throughout his history, celestial cartography has undergone several changes – the result of the intervention of several factors, that this study intends to investigate. Initially, we made a comprehensive iconographic and documentary research on the celestial cartography, with wide temporal coverage and methodological position to avoid any bias limiting the topic – except to focus primarily in western cartography. Once collected the data, we tried to identify the main historical inflections, parallel with the factors associated with these inflections, which were divided basically into 4 groups: technical-instrumental (linked to the development of instruments and observational techniques), theoretical (concerning astronomical and cosmological conceptions), utilitarian (which relate to the practical needs of cartography) and socio-cultural (those external to celestial cartography and astronomy). The complex interaction between these factors and the incidence of them in celestial cartography is discussed in a broader perspective – the building of astronomical knowledge, where cartography contributes offering a representation of the universe, the object of this study.

Keywords: Astronomy – Celestial Atlas – Celestial Cartography – Celestial Charts – Celestial Maps – History – History of Astronomy – History of Celestial Cartography

ÍNDICE

INTRODUÇÃO.....	01
Justificativa e Objetivo.....	01
Convenções, critérios de recorte e metodologia.....	02
TRAJETÓRIA EVOLUTIVA DA CARTOGRAFIA CELESTE.....	05
Das origens à Grécia.....	05
Registros rupestres.....	05
Representações não-européias.....	08
Os gregos e a geometrização da esfera celeste.....	10
A era ptolomaica.....	15
Mundo árabe: nomenclatura estelar e os astrolábios.....	15
Xilogravura e imprensa.....	20
O catálogo de Tycho.....	26
As grandes navegações.....	28
A Idade de Ouro dos atlas celestes.....	33
A <i>Uranometria</i> de Bayer.....	33
A revolução óptica.....	38
Cometas.....	40
O <i>Firmamentum Sobiescianum</i> de Hevelius.....	41
O cálculo da longitude no mar.....	43
O <i>Atlas Coelestis</i> de Flamsteed.....	45
A caminho do ápice.....	46
A <i>Uranographia</i> de Bode.....	52
Atlas populares e profissionais.....	55
Os atlas populares.....	55
Os <i>joining-the-dots</i>	57
Os atlas profissionais.....	60
A era moderna da cartografia celeste.....	65
A espectroscopia.....	65
A fotografia e os super telescópios.....	66
A criação da IAU: escolha da lista e abreviaturas das constelações.....	71
A radioastronomia e a engenharia espacial.....	74
O uso da informática.....	77
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	83
REFERÊNCIAS.....	91
APÊNDICES.....	115
GLOSSÁRIO.....	135

INTRODUÇÃO

Justificativa e Objetivo

Desde a aurora dos tempos o homem tentou introduzir alguma ordem no caos em que se constitui o firmamento estrelado, criando as **constelações**¹. Além de representar seus deuses e heróis mitológicos, esses desenhos estabeleciam referenciais que sinalizavam os pontos cardeais, as estações do ano e o movimento dos **errantes**. Nesse sentido, a cartografia celeste² – híbrido de ciência e arte que se ocupa do mapeamento e da representação do céu – sempre desempenhou um papel destacado na produção dessas representações – especialmente³ das estrelas “fixas”, também chamadas **inerrantes**. Assim, em sua forma mais simples, a cartografia celeste foi basicamente uma forma de reconhecer e representar aquilo que é permanente no céu.

Com o passar do tempo o homem desenvolveu instrumentos e métodos que o auxiliaram na tarefa de observar e medir o universo, e essa quantificação das informações astronômicas tornou nosso conhecimento do **cosmos** mais completo e mais preciso. O resultado desse processo histórico na forma de observar o céu foi que a cartografia celeste passou a descrever e representar melhor seus objetos de estudo, afastando-se da magia e da religiosidade de outrora e aproximando-se de uma concepção mais científica do cosmos.

Em suma, poderíamos dizer que a história da cartografia celeste é parte da história da astronomia, já que cada avanço observacional registrado na ciência astronômica foi acompanhado – embora nem sempre de perto – pela cartografia. Mas não é só isso: embora nossas representações do céu sejam resultado direto da maneira como observamos e medimos o universo, outros fatores também dinamizaram a evolução da cartografia celeste, p.ex., a geometrização do céu (que permitiu a criação de sistemas de coordenadas astronômicas⁴ – e gerou uma demanda por instrumentos para medir ângulos nesses sistemas), a navegação astronômica (que transportou o homem para regiões do planeta onde ele nunca tinha estado antes – revelando uma porção

¹ Termos técnicos constam no Glossário, e sua primeira aparição no texto será grifada em **negrito**.

² Também conhecida como uranografia (do grego, “descrição do céu”).

³ Embora não seja o foco desse trabalho existem obras que apresentam diagramas do sistema solar ou cujo objeto de estudo são os aspectos físicos de seus membros (p. ex., cartografia da Lua, dos planetas etc.).

⁴ Para mais informações sobre sistemas de coordenadas astronômicas, ver Apêndice A, Boczko (1984) e Társia (1993).

desconhecida do céu), a imprensa (que ajudou a difundir a produção de imagens das constelações), entre outros. Entretanto, após anos de pesquisa, foi verificado que a maior parte dos textos sobre a história da cartografia celeste prioriza seu aspecto estético⁵, versando mais sobre a representação alegórica das constelações do que tentando identificar quais fatores influenciaram seu desenvolvimento. Normalmente disperso em livros, artigos ou teses, o tema merecia ser alvo de uma investigação mais detalhada, onde além de considerada parte da história da astronomia a cartografia celeste também fosse contextualizada dentro de um cenário histórico-cultural mais amplo.

O objetivo deste trabalho é mostrar como nossa forma de observar e medir o universo contribuiu para a criação de representações do céu, e que essas representações estão articuladas não somente ao aparato técnico-instrumental utilizado nas observações, mas também a fatores utilitários, teóricos e sócio-culturais. Nossa proposta é apresentar um panorama geral da cartografia celeste ocidental, mostrando sua trajetória histórica desde a antiguidade até o final do século XX, identificando as inflexões mais importantes e discutindo os principais fatores responsáveis por seu desenvolvimento, agrupando-os a fim de esboçar um esquema histórico-conceitual segundo o qual a cartografia celeste evoluiu.

Convenções, critérios de recorte e metodologia

Neste primeiro momento torna-se importante explicar algumas convenções que serão utilizadas no decorrer dessa tese. A primeira delas diz respeito à identificação das obras: seus nomes aparecerão *em itálico*, seguidas do ano da publicação ou data aproximada (entre parênteses) da primeira edição⁶, identificadas ao longo do texto pelo nome através do qual ficaram conhecidas – embora nas Referências possam figurar com seu título completo. Nomes de autores (ou editores) serão acompanhados de suas datas de nascimento e morte (quando conhecidas).

Para os objetivos deste trabalho, os conceitos de acurácia (proximidade da medida relativamente ao verdadeiro valor da variável), precisão (proximidade entre os valores obtidos pela repetição do processo de mensuração) e exatidão (correção,

⁵ Ashworth (1997), Nestlehner (1999), Glenn (2009) *et al.*

⁶ Edições subsequentes serão mencionadas quando incorporarem diferenças importantes em relação à original.

perfeição ou ausência de erro em uma medida ou cálculo) serão considerados sinônimos, se não implicar em erro grosseiro ou prejudicar a compreensão do texto, embora saibamos que estes têm significado muito distinto no contexto estatístico⁷.

Como em qualquer recorte, os critérios de triagem podem ser criticados – mesmo assim é preciso esclarecer quais são estes critérios e buscar justificá-los. Já que o desenvolvimento da cartografia celeste é um fenômeno tipicamente europeu⁸, fica naturalmente implícito um recorte espacial bem definido (concessões feitas a algumas representações não-européias que influenciaram ou foram influenciadas pelos gregos – cujas constelações formam a base do sistema atual). Com o intuito de passar um amplo panorama da cartografia celeste, o recorte cronológico foi bem mais flexível (indo de possíveis representações paleolíticas até obras produzidas no final do século XX).

O trabalho foi elaborado a partir de material cartográfico impresso (ver “Fontes Primárias” nas Referências) ou disponível para consulta na Internet. O mundo virtual foi um poderoso aliado na realização deste trabalho, visto disponibilizar esse conteúdo em sites de museus, bibliotecas, centros de pesquisa – além daqueles relacionados a antiquários, colecionadores e blogs pessoais. Na Internet também foram acessados artigos sobre história da astronomia e da cartografia celeste de portais como o *Astronomical Data System* (ADS) da Universidade de Harvard e da *Gallica*. Parte do material citado nas Referências foi digitalizado pelo Google ou consta no *Internet Archive* e no *The Project Gutenberg*.

A narrativa privilegiará a história da cartografia celeste, com esclarecimentos e/ou informações adicionais sobre ela – e a história da astronomia⁹ – dados nas notas de rodapé. Foi feito um esforço no sentido de compactar essa narrativa, porém sem deixar de incluir nessa síntese as inflexões históricas mais importantes. O texto será ordenado cronologicamente, porém sem austeridade (às vezes o critério cronológico é preterido em favor do temático), e para orientá-lo foi reunida uma vasta documentação correlata: compêndios, dicionários e livros de história (geral e da astronomia), artigos de periódicos, catálogos, manuscritos e relatos de viagem. Quando se tratar de informação relevante para o desenvolvimento da tese, as obras terão destacados seus aspectos

⁷ Essas definições estão disponíveis em http://www.galileu.esalq.usp.br/mostra_topico.php?cod=84. Acesso em 16 fev. 2012. Para mais informações, ver Silva (2005).

⁸ Outras culturas também tiveram suas representações do céu – talvez a diferença seja que no Ocidente houve todo um ciclo evolutivo, enquanto nessas culturas parecem ter sido apenas fatos esporádicos.

⁹ Para mais informações sobre história da astronomia, ver Clerke (1893), Dreyer (1906), Macpherson (1906), Bryant (1907), Forbes (1909), Turner (1909), Doig (1950), Berry (1961), Pannekoek (1961), Reichen (1966), Ronan (1987), Verdet (1991), Abetti (1992), Crowe (1994), Hoskin (1997), Evans (1998), Hoskin (1999), Carvalho (2000), Crowe (2001), Aughton (2008), Bertrand (2008).

técnicos¹⁰ (uso de um determinado tipo de projeção) e artísticos (aumento na precisão devido à forma de gravação¹¹ ou tipo de representação gráfica, influência de um cartógrafo sobre os demais). Tratando-se preliminarmente de uma pesquisa iconográfica, o trabalho apresentará diversas imagens – sempre precedidas de pelo menos um parágrafo que descreve suas principais características e/ou reconhece sua importância no contexto cartográfico vigente. As imagens escolhidas são aquelas que consideramos essenciais à fluência do texto, e devido à existência de registros nos mais diferentes períodos históricos, aproximadamente metade delas são representações da constelação do Touro e/ou das Plêiades¹².

¹⁰ Para uma análise técnica da cartografia (construção, tipos de projeção etc.), ver Rosenfeld (1980).

¹¹ Historicamente, as mais usadas em cartografia celeste foram a xilogravura, a gravura em metal e a litogravura. Para mais informações sobre essas e outras técnicas de gravação, ver Gascoigne (2004).

¹² Naturalmente que em alguns casos isso não foi possível, p. ex., quando falamos do céu austral – onde o Touro não é protagonista, ou se destacado algum fato importante relacionado à determinada constelação.

TRAJETÓRIA EVOLUTIVA DA CARTOGRAFIA CELESTE

Das origens à Grécia

Desde tempos imemoriais o homem observa com espanto e curiosidade a regularidade com que os corpos celestes se movimentam no firmamento. A possibilidade de prever com antecedência certos fenômenos astronômicos logo atraiu sua atenção, e seus primeiros alvos foram os mais evidentes: a alternância entre dias e noites, as fases da Lua, as estações do ano. Os planetas também foram motivo de admiração para o homem pré-histórico, já que apresentavam um movimento irregular – diferente das estrelas, que exibiam a mesma configuração todas as noites, ano após ano. Assim, estudar o céu deve ter provocado nossos ancestrais em 2 sentidos: por um lado buscar as leis que regem seus movimentos, por outro projetar nele seres sobrenaturais e todo-poderosos (Verdet, 1987).

Mas foi o **movimento diurno** das estrelas que mais seduziu o espírito e a imaginação do homem primitivo. Constatando que o céu noturno apresentava padrões, o homem passou a agrupar as estrelas em **asterismos** e constelações, e embora cada tribo ou civilização tivesse seus próprios mitos¹³, o ponto de partida sempre foi o mesmo: reunir as estrelas em grupos que representassem seus deuses, heróis e monstros.

Registros rupestres

Mas quando teriam surgido essas primeiras representações do céu? A **arqueoastronomia**¹⁴ sustenta que os homens do Paleolítico eram capazes de se guiar pelas estrelas, sendo, provavelmente, os primeiros a dar formas às constelações (Congregado, 1991; Abetti, 1992). Parece que a mais antiga representação celeste conhecida está gravada na presa de um mamute (figura 1), tendo sido encontrada na Alemanha, em 1979. Testes indicaram que esta pequena placa de marfim tem mais de

¹³ Sem o recurso da escrita, os antigos tentaram explicar os fenômenos da natureza através de alegorias, criando os mitos. Sedimentados na cultura e na tradição dos povos da antiguidade, os mitos são o produto do conhecimento empírico de um povo, passado de geração para geração, e com o tempo acabaram ganhando o *status* de representação do mundo real. Segundo Feyerabend (1977), a ciência – enquanto conhecimento – não deveria distinguir-se da “não ciência” (mito, metafísica, religião etc.), ou seja, com base em uma discussão filosófica o mito está muito mais próximo da ciência do que se poderia esperar.

¹⁴ Para uma bibliografia selecionada sobre arqueoastronomia, ver Crowe (2001: 221-222). Para mais informações sobre registros arqueoastrômicos no Brasil, ver Jalles & Imazio (2004).

32.000 anos, e nela parece ter sido esculpida uma figura humana com braços e pernas distendidos da mesma forma que as estrelas da constelação de Órion (Rappenglück, 2001).



Figura 1: Possível representação paleolítica de Órion numa presa de mamute

Nossos ancestrais também podem ter registrado sua impressão da abóbada celeste nas paredes do sistema de cavernas de Lascaux, sudoeste da França, há cerca de 17.000 anos. Estudos arqueológicos identificaram possíveis marcações astronômicas desenhadas a carvão nestas paredes (figura 2), onde se acredita que o **aglomerado estelar** das Plêiades é representado ao lado de outro aglomerado, o das Híades – uma possível origem pré-histórica para a constelação do Touro (Rappenglück, 1996). Outro artefato que parece ter motivações astronômicas é um disco de bronze descoberto em 1999 nas proximidades da cidade alemã de Nebra (figura 3), datado de cerca de 1600 AEC¹⁵ e que pesquisadores acreditam funcionaria como uma espécie de relógio celeste, com representações da Lua, do Sol e das Plêiades¹⁶ (Deutsche Welle, 2006).

¹⁵ Antes da Era Comum – anos que antecederam o nascimento de Cristo.

¹⁶ Para mais informações sobre a presença das Plêiades em outras culturas antigas, ver Sparavigna (2008).



Figura 2: Possíveis marcações astronômicas nas cavernas de Lascaux



Figura 3: As Plêiades no disco celeste de Nebra (c. 1600 AEC)

Representações não-européias

Embora o desenvolvimento da cartografia celeste ocidental pareça um fenômeno circunscrito ao continente europeu, sabemos que outras culturas interagiram com os habitantes do Velho Mundo – influenciando e/ou sendo influenciadas por eles¹⁷. Os mais antigos registros confirmados de constelações surgiram por volta do século XIII AEC na Mesopotâmia, onde inscrições em pedras e tábuas de argila já mostravam imagens que nos séculos seguintes viriam a ser identificadas como tais (Touro, Leão, Escorpião). Posteriormente esses símbolos apareceram associados aos deuses mais importantes, agrupados em *kudurrus* (figura 4) e *selos cilíndricos*.

A partir do século XI AEC tábuas cuneiformes listam mais de 30 nomes de constelações que recobrem todo o céu. Durante o **período assírio** foram redigidas as tábuas *Mul-Apin* (figura 5) – consideradas a principal fonte do conhecimento astronômico mesopotâmio – a mais antiga datando de 687 AEC. Reproduzidas diversas vezes e com poucas alterações, essas tábuas incluíam a maioria das constelações que tempos depois seriam imortalizadas pelos gregos (Schaefer, 2006).

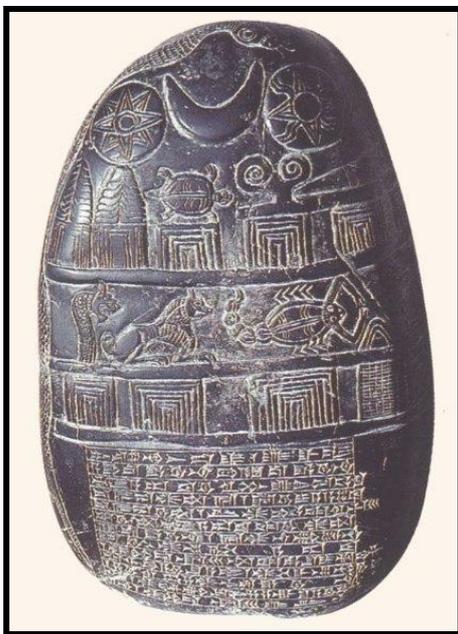


Figura 4: *Kudurru* (c. 1100 AEC)

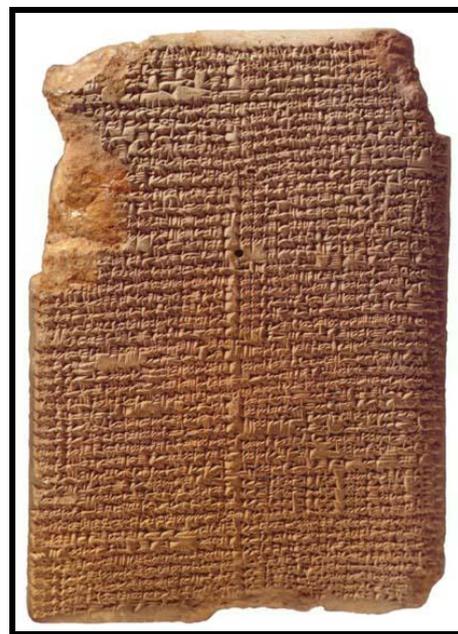


Figura 5: As tábuas *Mul-Apin*

¹⁷ Para mais informações sobre a interação astronômica entre os europeus e outros povos – além de uma bibliografia selecionada sobre o assunto, ver Kanas (2007). *Non-European cosmology and constellation development*. In: *Star Maps: History, Artistry, and Cartography*. Chichester: Springer Praxis Books.

Os egípcios também organizaram as estrelas em constelações, visando principalmente à marcação do tempo e a confecção de calendários¹⁸. Motivados pela religiosidade, associaram constelações a divindades em ilustrações que adornavam túmulos e tetos de templo. Durante o **período ptolomaico** a **cosmovisão** helênica ganhou terreno no Egito, e as constelações nativas foram misturadas às vindas da Grécia. Um bom exemplo desse sincretismo está no chamado “zodiaco de Dendera” (figura 6): um retrato do céu esculpido no teto do templo de Hator (em Dendera) por volta do século I AEC¹⁹ (Ronan, 1987; Aughton, 2008), onde estão representadas as **constelações zodiacais** gregas – já estabelecidas à época – junto às originais da mitologia egípcia, além de retratados o Sol, a Lua, os planetas e os **decanos** egípcios.



Figura 6: O zodiaco de Dendera

¹⁸ Segundo Ronan (1987: 22-24), os egípcios utilizaram as constelações como “balizas” que indicavam a trajetória do Sol no céu ao longo do ano. Ao contrário dos mesopotâmios, os egípcios não se preocuparam com o movimento dos planetas (embora soubessem que esses se moviam entre as estrelas fixas).

¹⁹ Para mais informações sobre o templo de Hator em Dendera, ver O Zodiaco de Dendera, disponível em <http://www.portaldoastronomo.org/tema_pag.php?id=18&pag=4>. Acesso em 30 out. 2012.

Os gregos e a geometrização da esfera celeste

Até agora vimos representações do céu que refletiam cosmovisões sem nenhum compromisso com a razão, onde as explicações para os fenômenos da natureza tinham causas sobrenaturais ou teológicas. Parece que coube aos gregos refutar todas as lendas e folclores, buscando um esquema racional de toda a criação – onde hipóteses sustentadas por leis naturais começam a substituir as mitologias anteriores.

As qualidades da ciência grega aparecem pela primeira vez com a escola jônica da qual Tales de Mileto (c.624–546 AEC) foi fundador e seu maior expoente²⁰. Tales trouxe do Egito alguns conhecimentos de geometria – ramo da matemática em que os gregos se tornariam mestres, permitindo que seus sucessores obtivessem notáveis progressos em suas cosmovisões graças à utilização do círculo e da esfera²¹. Diferentemente de seus antecessores, os gregos criaram modelos geométricos que explicavam os movimentos dos astros como se esses estivessem situados na superfície de uma esfera – a **esfera celeste**²², o que deve ter inspirado a criação de instrumentos como a **esfera armilar** e o **globo celeste**.

Talvez o mais antigo exemplar sobrevivente da antiguidade seja o globo de Kugel, uma esfera de prata de origem desconhecida, possivelmente criada num período entre 300 e 100 AEC. Esse globo apresenta as figuras das constelações representadas sem as estrelas, além de assinalar os **círculos principais** e a **eclíptica** (figura 7). As constelações mostradas no globo de Kugel parecem inspiradas na obra *Fenômenos* (c.275 AEC), do poeta grego Arato de Soli (c.315-245 AEC) – a primeira evidência clara de um extenso conjunto de constelações gregas²³. Supostamente baseado na obra

²⁰ A Tales é atribuída a previsão de um eclipse total do Sol que ocorreu em 28 de maio de 585 AEC, e segundo Heródoto (2006) essa façanha cessou uma guerra entre medos e lídios que já durava 6 anos.

²¹ Pitágoras, Platão, Aristóteles, entre outros. Para mais informações sobre cosmovisões desses e de outros filósofos gregos, ver Reichen (1966), Ronan (1987), Verdet (1991), Evans (1998) e Carvalho (2000).

²² Embora o conceito de esfera celeste possa parecer trivial, ele é muito importante para a astronomia. A razão dessa construção mental é que, ao olharmos para o céu, não temos a noção de profundidade, ou seja, não conseguimos distinguir qual dentre 2 objetos está mais próximo de nós. Apesar de ser apenas uma abstração, a esfera celeste é uma ferramenta extremamente útil, pois é sobre ela que são definidos os vários sistemas de coordenadas astronômicos (ver Apêndice A) – que gerou toda uma demanda por instrumentos capazes de medir ângulos (astrolábio, quadrante etc.), além de nos dar orientação espacial e proporcionar pontos de referência para calcular nossa posição geográfica (navegação astronômica).

²³ As mais antigas referências gregas às constelações surgiram por volta do século VIII AEC, nos trabalhos de Homero (*Ilíada*, *Odisséia*) e Hesíodo (*Os trabalhos e os dias*, *Teogonia*), onde são mencionadas duas constelações (Ursa Maior e Órion) e duas estrelas (Sírius e Arcturus), além das Plêiades e das Híades.

homônima de Eudoxo de Cnidos²⁴ (c.390-340 AEC), Arato descreve a maioria das antigas constelações gregas, explicando sua localização e a mitologia associada a cada uma.

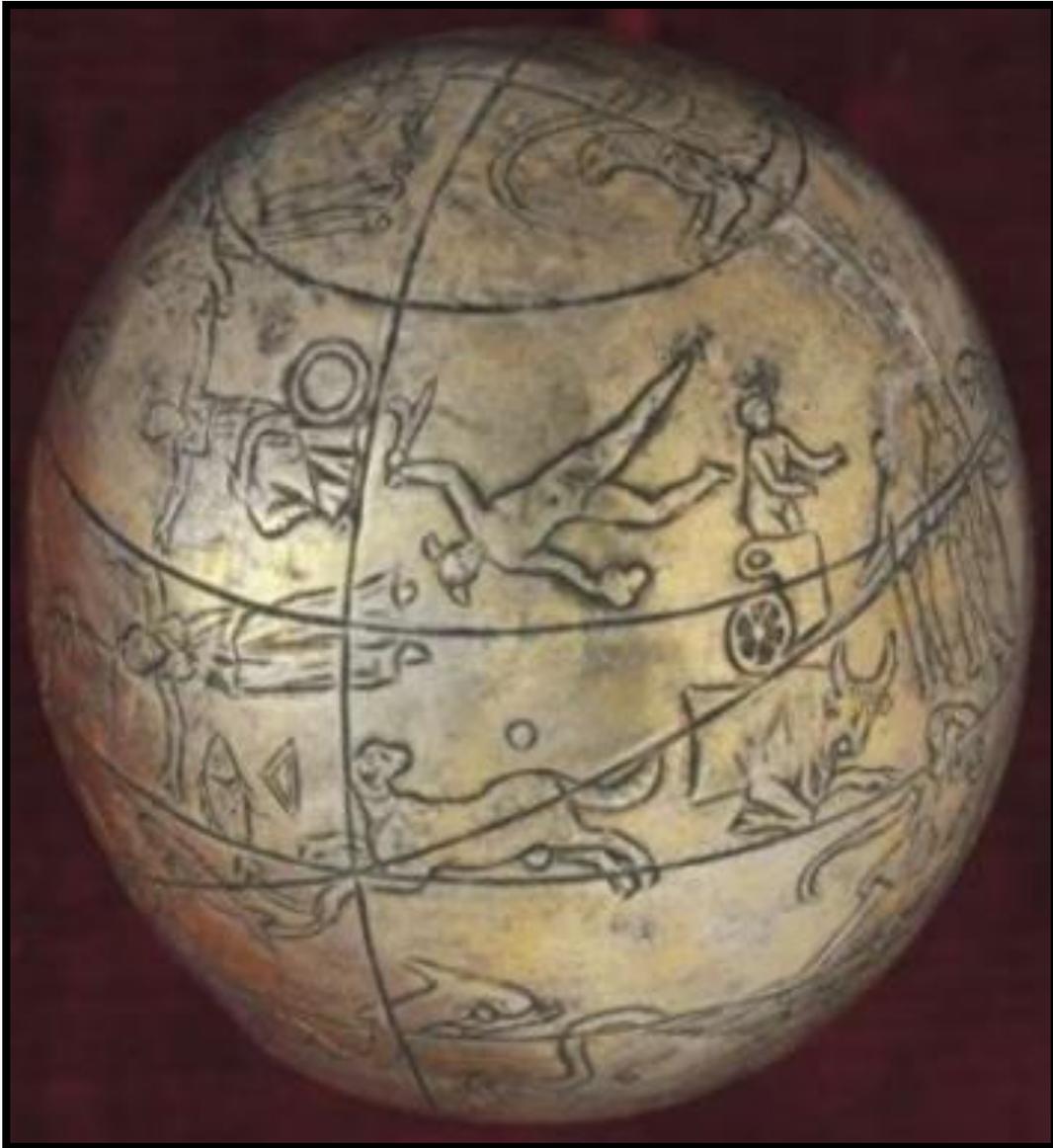


Figura 7: Touro no globo de Kugel

Outro bom exemplo de globo celeste encontra-se no Museu Nacional de Nápoles, junto à nuca do titã Atlas – figura mitológica que suporta sobre os ombros a esfera celeste (figura 8). Neste globo de mármore – conhecido como *Atlas Farnese*²⁵ – as figuras das constelações também estão representadas sem as estrelas. Além dos

²⁴ Eudoxo foi discípulo de Platão e ficou famoso por sua teoria das esferas homocêntricas. Aprendeu sobre as constelações com os sacerdotes egípcios e as apresentou aos gregos, mas como não há registro direto de sua obra, fica difícil descobrir que partes de *Fenômenos* são de sua autoria e quais são de Arato.

²⁵ Referência ao cardeal italiano Alessandro Farnese (mais tarde Papa Paulo III).

círculos principais e da eclíptica, nele também foi assinalado o **zodiaco**. Historiadores da arte concluíram que esta estátua romana deve ter sido esculpida por volta do século II, e que seria a cópia de um original grego – provavelmente do século II AEC. Uma análise detalhada das figuras retratadas nesse globo mostra que ele foi confeccionado numa data próxima a 125 AEC, sugerindo que possa ser uma representação do desaparecido **catálogo estelar** de Hiparco²⁶.

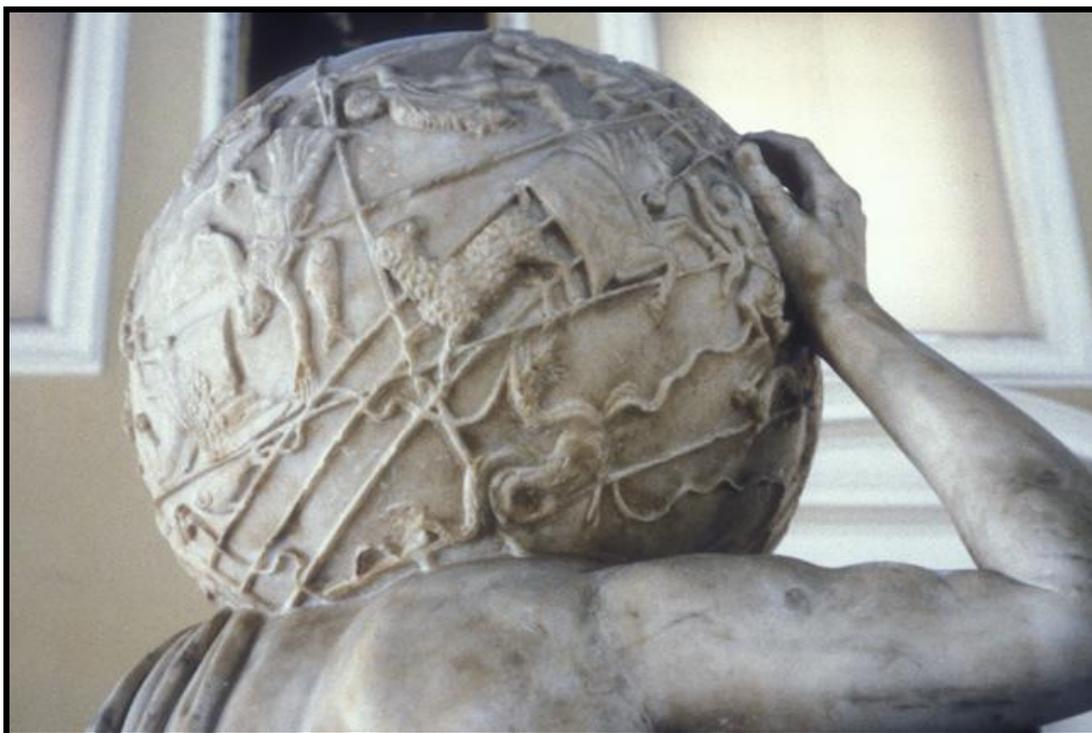


Figura 8: Touro no globo Farnese

Hiparco de Nicéia (c.190-125 AEC), matemático e astrônomo grego, é algumas vezes considerado o maior astrônomo observacional da antiguidade (Ronan, 1987). Após observar uma *nova* na constelação do Escorpião no ano de 134 AEC, elaborou um catálogo com a posição e **grandeza** de aproximadamente 850 estrelas²⁷ (Kanas, 2007; Aughton, 2008). Comparando as posições desse catálogo com anteriores descobriu a **precessão dos equinócios**²⁸ (ver apêndice B) – fenômeno de suma importância para a astronomia de posição.

²⁶ Para mais informações, ver Schaefer (2005, 2006).

²⁷ A fim de permitir que futuras *novae* (plural de *nova* em latim) fossem identificadas e confirmadas.

²⁸ A descoberta da precessão foi possível graças à existência de registros astronômicos anteriores – como os feitos pelos astrônomos gregos Timócaris e Aristilo, que no século III AEC determinaram a posição de algumas estrelas em relação a pontos fixos da esfera celeste (Hevelius, 1970). A comparação entre a posição dessas estrelas em diferentes épocas permitiu a descoberta de efeitos seculares lentos – como a precessão dos equinócios. Para mais informações, ver Schaefer (2006: 20).

Conhecemos os pormenores das teorias astronômicas de Hiparco através do trabalho do astrônomo e geógrafo alexandrino Claudio Ptolomeu (c.100-178), que por volta do ano 150 aprimorou suas observações e ampliou seu catálogo numa obra chamada *Syntaxis* – posteriormente conhecida com o título árabe de *Almagesto* (*Grande Tratado*) – considerado o mais completo resumo do conhecimento astronômico antigo. Baseado nas observações de Hiparco, Ptolomeu listou 1.022 estrelas e 6 **nebulosas**²⁹ (ver apêndice E), dividindo-as em 48 grupos – as **constelações clássicas** (Tabela 1), sendo 12 na zona zodiacal, 21 ao norte dela e 15 ao sul. Nesse catálogo foram registradas as posições das estrelas em relação à eclíptica, a descrição de sua localização dentro da constelação (vista por um observador na Terra), sua grandeza (que variava de 1 a 6, conforme introduzida por Hiparco) e cor³⁰.

Lista de Arato	Lista de Ptolomeu	Constelação atual
Andromeda	Andromeda	Andrômeda
Aguadeiro	Aguadeiro	Aquário
Águia	Águia	Águia
Altar	Altar	Altar
Argô	Argô	Navio
Carneiro	Carneiro	Carneiro
Cocheiro	Cocheiro	Cocheiro
Lavrador	Lavrador	Boieiro
Caranguejo	Caranguejo	Caranguejo
Cão	Cão	Cão Maior
-----	Primeiro Cão	Cão Menor
Cabra	Capricórnio	Capricórnio
Kassiepeia	Kassiepeia	Cassiopeia
Centauro	Centauro	Centauro
Kêpheus	Kephêus	Cefeu
Monstro Marinho	Monstro Marinho	Baleia
-----	Coroa Austral	Coroa Austral
Coroa	Coroa Boreal	Coroa Boreal
Corvo	Corvo	Corvo
Vaso	Vaso	Taça
Pássaro	Pássaro	Cisne
Golfinho	Golfinho	Delfim
Serpente	Serpente	Dragão
-----	Pata Dianteira de um Cavalo	Cavalo Menor
Rio	Rio	Erídano
Gêmeos	Gêmeos	Gêmeos
Ajoelhado	Ajoelhado	Hércules
Cobra-d'água	Cobra-d'água	Hídria Fêmea
Leão	Leão	Leão
Lebre	Lebre	Lebre

²⁹ Para consultar o catálogo de Ptolomeu, ver Ptolemaeus (1515); para um estudo detalhado desse catálogo, ver Toomer (1998).

³⁰ Ptolomeu chama de “avermelhada” as seguintes estrelas (na ordem em que aparecem no *Almagesto*): Arcturus, Aldebaran, Pollux, Antares, Betelgeuse e Sírius. Para mais informações, ver See (1927).

Lista de Arato	Lista de Ptolomeu	Constelação atual
Pinças	Pinças	Balança
-----	Besta	Lobo
Lira	Lira	Lira
Serpentário	Serpentário	Ofiúco
Oríon	Oríon	Órion
Cavalo	Cavalo	Pégaso
Perseus	Perseus	Perseu
Peixes	Peixes	Peixes
Peixe	Peixe Austral	Peixe Austral
Flecha	Flecha	Flecha
Arqueiro	Arqueiro	Sagitário
Escorpião	Escorpião	Escorpião
-----	Serpente do Serpentário	Serpente
Touro	Touro	Touro
Figura em forma de Delta	Triângulo	Triângulo
Ursa Maior	Ursa Maior	Ursa Maior
Ursa Menor	Ursa Menor	Ursa Menor
Virgem	Virgem	Virgem

Tabela 1: Comparação entre os nomes das constelações catalogadas por Arato e por Ptolomeu

Com um catálogo estelar bem estabelecido à época foi possível montar um globo onde as estrelas também fossem representadas. É o caso do globo de Mainz (figura 9), uma pequena esfera de bronze posicionada no topo de um **gnômon**, provavelmente fabricado no Egito entre os séculos II e III (Thompson, 2006). Esse globo retrata os círculos principais, a eclíptica e o zodíaco. Nele estão representadas todas as 48 constelações clássicas – além de ter o mais antigo registro pictórico conhecido da **Via Láctea** (AAGC, 2005; Thompson, 2006).

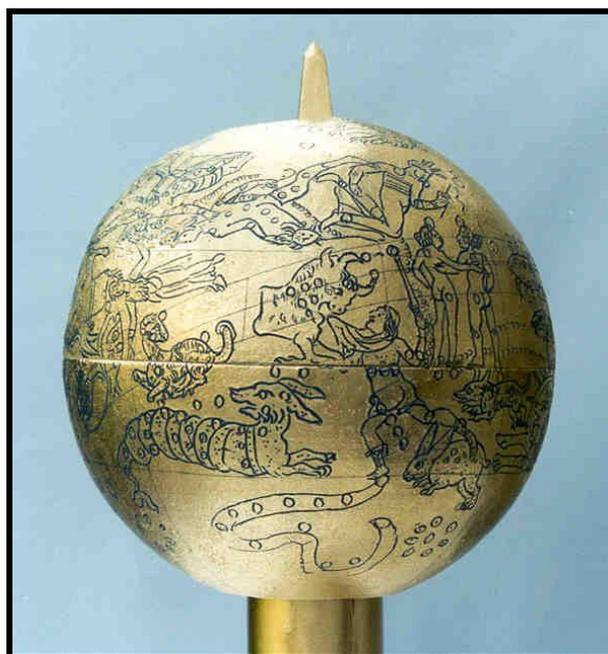


Figura 9: Touro no globo de Mainz

A era ptolomaica

Com a queda da parte ocidental do Império Romano³¹, o Oriente se tornou o grande centro de ensino de astronomia. Textos clássicos da astronomia grega – como *Fenômenos* e *Almagesto* – foram traduzidos para o árabe, depois para o latim e a partir daí reintroduzidos na Europa medieval – via expansão do islamismo³². Este conjunto de conhecimentos tornou possível um renascimento científico em todos os territórios conquistados pelo Islã, com a astronomia se destacando quando o assunto era o estabelecimento do calendário lunar e a orientação de construções – principalmente mesquitas – em relação à Meca.

Mundo árabe: nomenclatura estelar e astrolábios

No campo da cartografia celeste existem duas grandes contribuições árabes que não poderiam deixar de serem mencionadas. A primeira foi o estabelecimento de uma nomenclatura estelar que persiste até hoje (embora a maioria desses nomes seja simples tradução de termos gregos constantes no *Almagesto*, outros são originários de antigas tradições beduínas). A segunda foi o aperfeiçoamento e utilização do astrolábio planisférico (figuras 10 e 11), um **planisfério celeste** que apresentava as posições das estrelas mais brilhantes numa **projeção estereográfica** da esfera celeste – uma inovação³³ que ganharia adeptos por toda a Europa medieval e renascentista. Embora tenha sua origem na antiguidade³⁴, não se sabe exatamente quando o astrolábio tomou a forma do instrumento que conhecemos hoje³⁵ – apenas que foi introduzido no mundo islâmico entre os séculos VIII e IX, sendo usado principalmente na confecção de

³¹ No ano 330 o imperador Constantino deslocou a capital de Roma para a cidade grega de Bizâncio, e mudou seu nome para Constantinopla (tomada em 1453 pelos turcos e rebatizada para Istambul em 1930).

³² Esse rodeio ajuda a entender como as constelações gregas ganharam nomes em latim e as estrelas são uma mistura de nomes árabes e gregos.

³³ O mais antigo planisfério celeste conhecido é o manuscrito Dunhuang (século VII), encontrado nas cavernas Mogao (China). Para mais informações, ver Ridpath (1988), Kanas (2007) e Thompson (2007).

³⁴ A projeção estereográfica e seu uso na confecção do astrolábio já eram conhecidos dos gregos. Para mais informações sobre a história e as diversas utilidades do astrolábio, ver Morrison (2007).

³⁵ Os primeiros astrolábios árabes eram esféricos – um misto de esfera armilar e globo celeste, e feitos de latão – portanto pesados e de difícil transporte. O astrolábio planisférico era mais leve e de fácil manuseio, e tornou-se a idéia básica que inspirou a criação dos *star-finders* – planisférios que representam o aspecto do céu a qualquer dia e hora – inclusive para outras localidades (através de máscaras que fornecem os limites do horizonte para diversas latitudes).

horóscopos. Os astrolábios também são uma boa fonte de consulta sobre nomenclatura estelar árabe.



Figura 10: Astrolábio (frente)



Figura 11: Astrolábio (verso)

O auge da representação pictórica islâmica foi *O Livro de Estrelas Fixas* (c.964), manuscrito atribuído ao astrônomo persa Abd-al-Rahman al-Sufi – mais conhecido como Al Sufi (903-986). Seguindo a estrutura do *Almagesto* na descrição das constelações e na listagem das estrelas, Al Sufi utilizou suas próprias observações para corrigir algumas **magnitudes** e cores mencionadas por Ptolomeu. As estrelas de uma constelação foram desenhadas em vermelho; as de constelações adjacentes em preto. Nesse trabalho cada constelação é representada duas vezes: uma com **ponto de vista interno** e outra com **ponto de vista externo**³⁶ (figuras 12 e 13). As figuras sofrem algumas modificações em relação à sua origem clássica – provavelmente devido à influência oriental e ao falho conhecimento da mitologia associada a elas (figura 14). O livro de Al Sufi também contém a mais antiga representação conhecida de uma nebulosa não mencionada por Ptolomeu: a **galáxia** de Andrômeda³⁷ (figura 15).

³⁶ Enquanto o ponto de vista externo – utilizado nos globos celestes – oferece uma visão transcendental ou divina (algo do tipo “Deus observando a esfera celeste”), o ponto de vista interno apresenta uma visão local ou subjetiva (a esfera celeste vista por um observador na Terra) – um tipo de representação que, com o passar do tempo, se revelou mais útil.

³⁷ Para mais informações sobre essa referência medieval à galáxia de Andrômeda, ver Kunitzsch (1987).

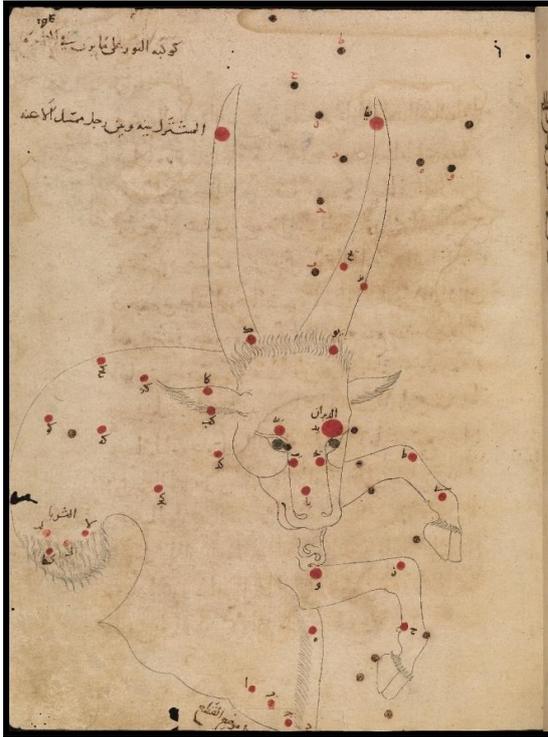


Figura 12: Touro (ponto de vista externo)

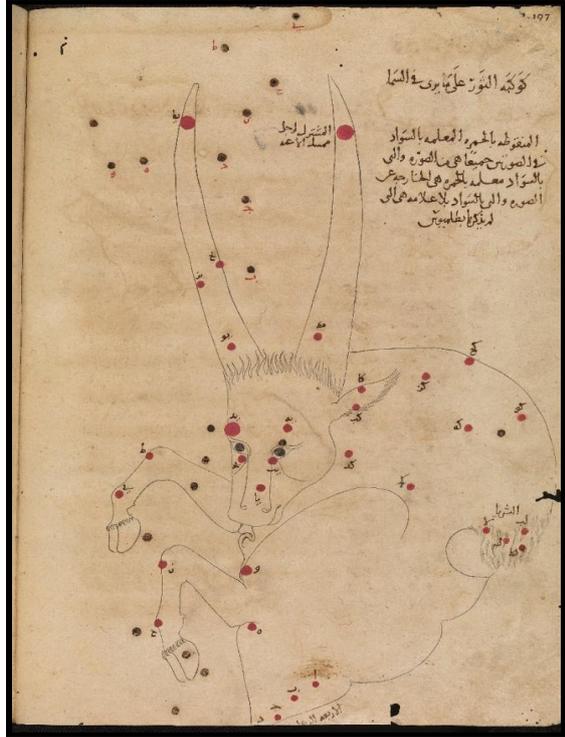


Figura 13: Touro (ponto de vista interno)

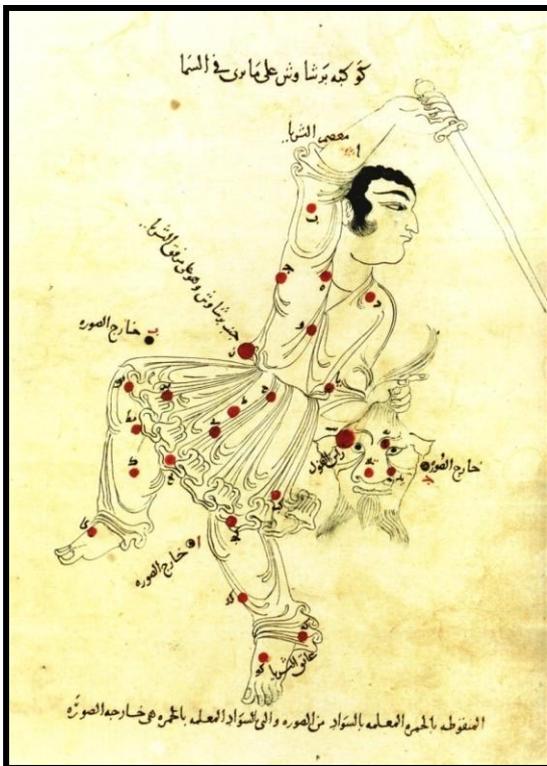


Figura 14: Perseu, em Al Sufi

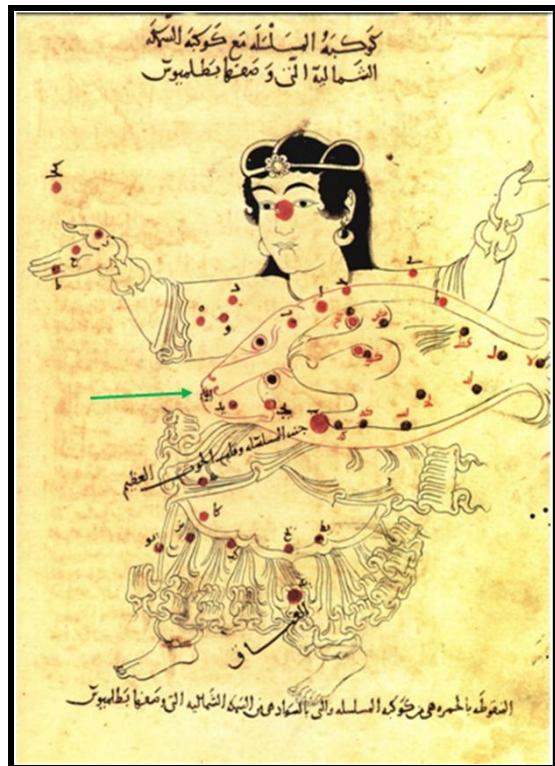


Figura 15: Andrômeda, em Al Sufi

Embora Al Sufi tenha sido o primeiro a produzir imagens realmente baseadas nas descrições do *Almagesto*, as mais antigas representações das constelações clássicas datam do século IX, e estão ilustrando traduções latinas dos poemas de Arato. Essas primeiras representações enfatizavam a concepção artística ao invés da localização correta das estrelas, ou seja, eram belas ilustrações onde a precisão era normalmente sacrificada em nome da arte (figuras 16 e 17). Um pouco mais tarde surgem **mapas celestes** onde as constelações têm alguma relação espacial, conferindo sentido não somente às lendas, mas também ao que se via no céu – embora as constelações ainda fossem representadas sem as estrelas e o céu austral estivesse limitado às margens desses mapas (figuras 18 e 19).

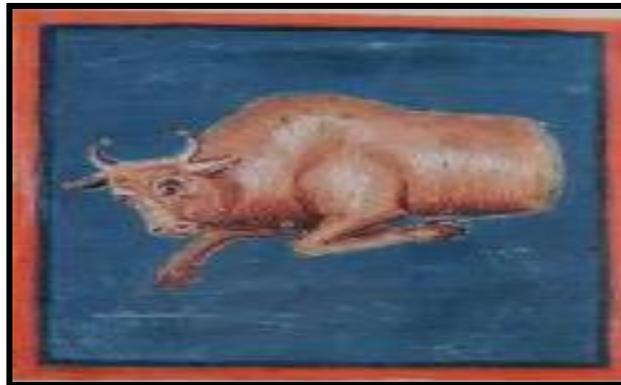


Figura 16: Touro, em *Leiden Aratea* (c.816)



Figura 17: As Pléiades (século IX)



Figura 18: Códice NLW735C (século X)



Figura 19: Geruvigus (século X)

Os primeiros mapas celestes em que um deles é dedicado exclusivamente ao hemisfério sul é o *Manuscrito de Viena* (c.1440), uma obra anônima onde são apresentados os **hemisférios celestes** norte e sul em coordenadas eclípticas³⁸ e ponto de vista externo (figura 20). Considerado o precursor dos primeiros mapas impressos, nele as bordas estão seccionadas em 360° e divididas em 12 pedaços de 30° cada – relacionados às constelações zodiacais, além de estar representada a Via Láctea.



Figura 20: Touro no *Manuscrito de Viena*

³⁸ Os sistemas de coordenadas aludidos neste trabalho são o equatorial (geral) e o eclíptico – mencionados principalmente por sua importância histórica (ver Apêndice A). Existem outros sistemas de coordenadas e para mais informações indicamos textos que tratam do assunto, como Boczko (1984) e Társia (1993).

Xilogravura e imprensa

Os manuscritos eram um processo demorado e enfadonho, que tinham um custo elevado e estavam sujeitos a erros e comentários inerentes dos copistas (na maioria das vezes monges que retinham o conhecimento às fronteiras dos mosteiros). Na metade do século XV o gráfico alemão Johannes Gutenberg (1398-1468) inventa a prensa de tipos móveis, uma criação revolucionária que permitiu a divulgação rápida do saber e das idéias, além do aumento no volume das publicações (até então todos os livros eram feitos à mão – e restritos, portanto, a poucas cópias)³⁹.

Embora a imprensa tenha ajudado a padronizar e difundir as descrições textuais imortalizadas nas obras de Arato e Ptolomeu, as figuras ainda dependiam de uma técnica mais antiga – a **xilogravura**, utilizada pelos chineses desde o século II e que chegou à Europa somente no século XIV – provavelmente trazida pelos árabes⁴⁰. Como a xilogravura podia ser facilmente impressa junto aos tipos móveis de Gutenberg, ela se tornou o principal meio de reprodução de textos e imagens até o final do século XVI.

Uma das primeiras fontes literárias em que se encontravam desenhos de constelações foi *Poeticon astronomicon* (1482), do gráfico alemão Erhard Ratdolt (1443-1528). Baseada na obra do historiador romano Julius Higinus (século I), essa coletânea de lendas gregas era acompanhada de um conjunto de xilogravuras com os desenhos das constelações. A descrição das constelações seguia o *Almagesto*, embora as imagens fossem grosseiras e as posições estelares pouco confiáveis (figura 21). O maior



Figura 21: Touro, em Ratdolt

³⁹ Para mais informações sobre o papel de preservação, padronização e disseminação do conhecimento através da imprensa, ver Eisenstein (1979).

⁴⁰ Para mais informações sobre as origens da xilogravura e sua chegada à Europa, ver Costella (2003).

mérito destas ilustrações foi servir de inspiração às figuras utilizadas nos verdadeiros mapas celestes, surgidos apenas no século seguinte.

Embora as constelações tenham sido representadas individualmente antes, os primeiros mapas impressos em que aparecem retratadas as estrelas e as figuras das constelações foram as xilogravuras feitas pelo matemático, pintor e gravador alemão Albrecht Dürer (1471-1528). *Imagines coeli* (1515) são 2 hemisférios celestes que utilizam coordenadas eclípticas e ponto de vista externo para posicionar mais de 1.000 estrelas de acordo com as descrições do *Almagesto* (Warner, 1979), com as figuras das constelações parecendo inspiradas naquelas encontradas no *Manuscrito de Viena* (figura 22). O grande vazio deixado ao redor do **pólo celeste** sul (figura 23) mostra a dificuldade encontrada por Dürer para obter informações precisas sobre estrelas não visíveis do continente europeu⁴¹.

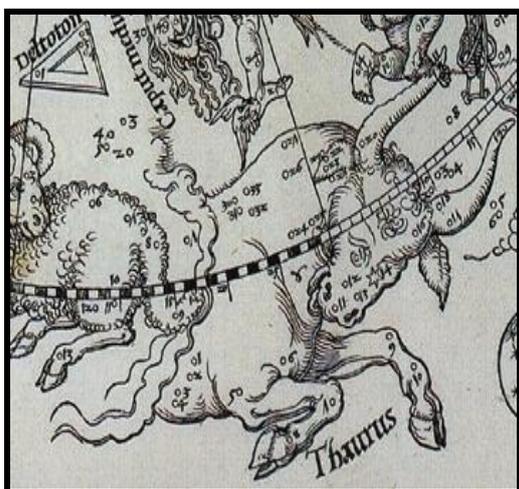


Figura 22: Touro, em Dürer

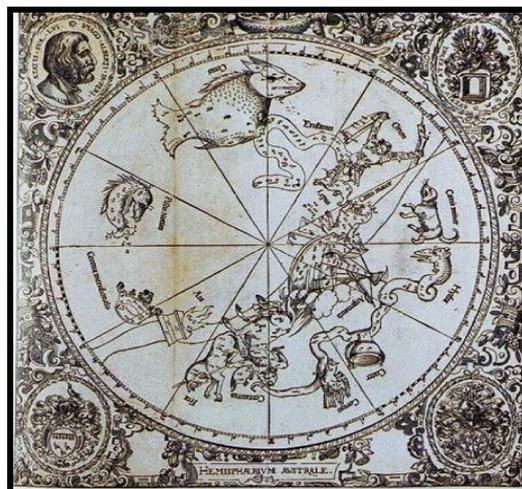


Figura 23: Hemisfério sul, em Dürer

Os hemisférios de Dürer serviram de modelo para diversas publicações posteriores. Bom exemplo dessa influência pode ser vista em *Imagines Constellationum* (1532), do cartógrafo alemão Johannes Honter (1498-1549): 2 hemisférios celestes que utilizam coordenadas eclípticas⁴² e retratam os círculos principais, mas com uma diferença fundamental em relação aos de Dürer – abandonando o ponto de vista externo, Honter torna-se o primeiro cartógrafo a utilizar a ponto de vista interno em mapas

⁴¹ Graças ao modelo de esfera celeste criado pelos gregos, os europeus acreditavam na existência de um céu austral – embora ainda não tivessem acesso a ele.

⁴² Devido à precessão esse sistema de coordenadas está defasado de 30° em longitude; ver Warner (1979). Essa primazia do sistema de coordenadas eclípticas na cartografia celeste ocidental parece descender do interesse dado por gregos e mesopotâmios à posição dos errantes, ou seja, tem motivações astrológicas.

impressos⁴³. Curiosidade: Honter desenha 5 figuras masculinas com roupas de época (figura 24) – diferente das figuras de Dürer (que seguem o estilo clássico).

Outro exemplo do prestígio de Dürer são os mapas do humanista alemão Peter Bienewitz (1495-1552) – mais conhecido como Petrus Apianus⁴⁴. Utilizando coordenadas eclípticas e ponto de vista externo, *Horoscopion Apiani Generale* (1533) mostra a única representação conhecida de algumas constelações baseadas em tradições beduínas, além de ter a constelação do Boieiro acompanhado de 2 cães⁴⁵ (figura 25). Contrastando com o tom pastel encontrado nos mapas até então, Apianus representa as constelações coloridas (figura 26) em *Astronomicum Caesareum* (1540), além de retratar novamente os Cães de Caça – só que agora acompanhados da Cabeleira de Berenice (assinalada como uma nebulosa) e da constelação da Rosa (figura 27).



Figura 24: Touro, em Honter

O primeiro **atlas celeste** impresso foi publicado pelo arcebispo italiano Alessandro Piccolomini (1508-1578). *De le stelle fisse*⁴⁶ (1540) compreendia 47 xilogravuras onde estavam retratadas todas as constelações clássicas (exceto Cavalo Menor). Essas xilogravuras tinham ponto de vista interno e nelas as estrelas eram representadas por símbolos de tamanhos diferentes (de acordo com sua grandeza, que variava de 1 a 4). No catálogo havia uma breve descrição da localização de cada estrela

⁴³ Provavelmente pesou a preferência por uma representação mais utilitária – principalmente à navegação.

⁴⁴ Famoso principalmente por sua teoria de que caudas dos cometas apontam na direção oposta à do Sol.

⁴⁵ Os Cães de Caça só ganharam o status de constelação à parte do Boieiro com Hevelius em 1687.

⁴⁶ Para mais informações sobre essa importante obra, ver Gingerich (1981) e Kanas (2006).

na constelação, seguida por uma lista das estrelas mais brilhantes – identificadas por letras romanas: “a” representava a de maior brilho, “b” a segunda, e assim por diante. Com o argumento de fornecer posições estelares precisas, Piccolomini omitiu as figuras das constelações (figura 28).



Figura 25: Boieiro, em Apianus

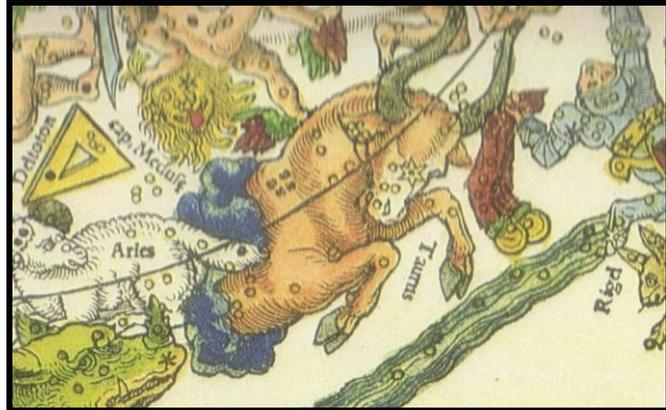


Figura 26: Touro, em Apianus (1540)

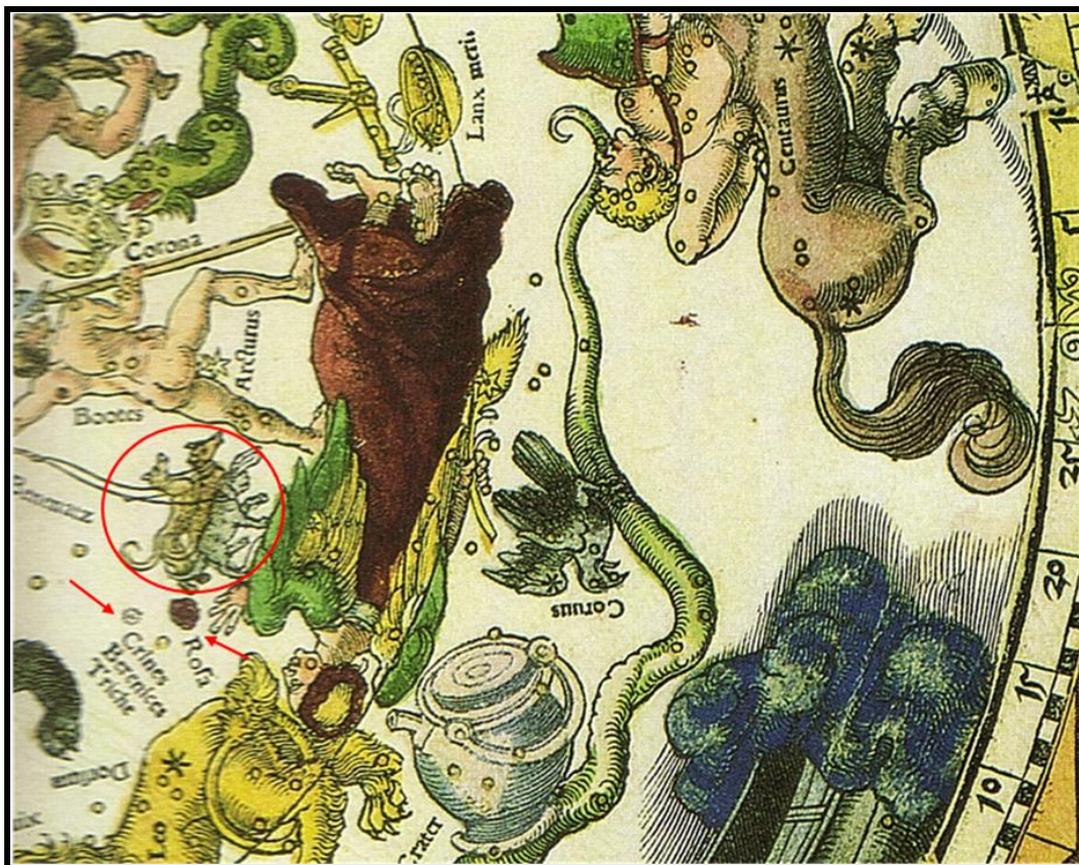


Figura 27: Cães de Caça, Cabeira de Berenice e a constelação da Rosa

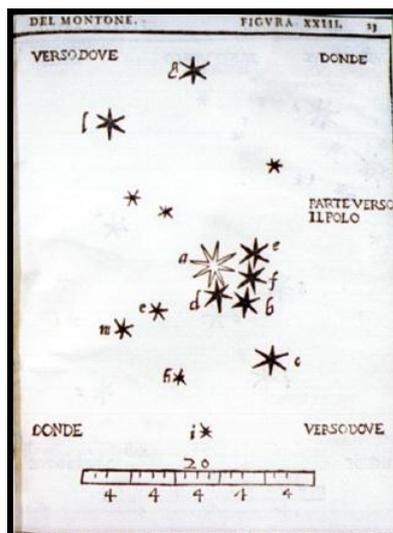


Figura 28: Touro, em Piccolomini

Embora o número de constelações tenha permanecido o mesmo desde a época de Ptolomeu, ainda existiam alguns espaços a serem preenchidos no céu do hemisfério norte. Em 1536 o matemático e cartógrafo alemão Caspar Vopel (1511-1561) produziu um globo celeste onde introduziu as novas constelações de Antínio e Cabeleira de Berenice⁴⁷ (figuras 29 e 30). O globo de Vopel não era colorido, diferente daquele produzido pelo cartógrafo holandês Gerardus Mercator (1512-1594) – mais conhecido pela projeção que leva seu nome⁴⁸. Em seu globo celeste de 1551, Mercator assinalava 50 constelações – inclusive as novidades de Vopel (figuras 31 e 32).

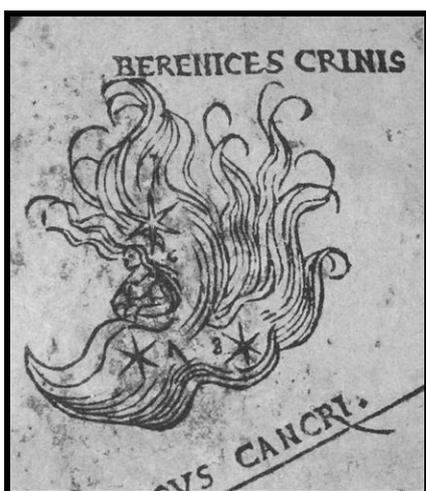


Figura 29: Cabeleira de Berenice

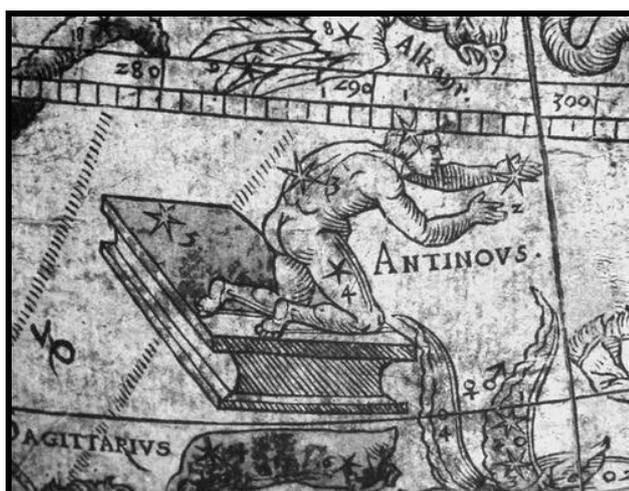


Figura 30: Antínio

⁴⁷ As estrelas que compõem essas constelações haviam sido listadas por Ptolomeu, mas como subdivisões da Águia e do Leão, respectivamente. Diferente da Cabeleira de Berenice, a constelação de Antínio não sobreviveu até nossos dias. Para mais informações sobre a obra de Vopel, ver Dekker (2010).

⁴⁸ A projeção cilíndrica já havia sido usada em *Xin Yi Xiang Fa Yao* (1092), trabalho do astrônomo e cartógrafo chinês Su Song (1020-1101); seu uso ocidental – via Mercator – ocorreu apenas em 1569.

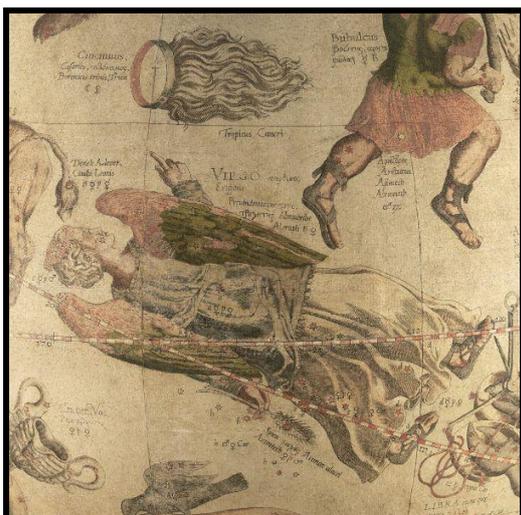


Figura 31: Cabeleira de Berenice

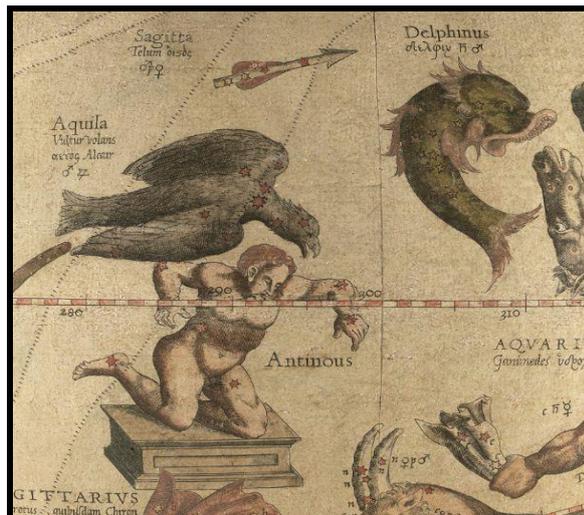


Figura 32: Antínoo

O primeiro atlas a usar um sistema de coordenadas nas margens da placa⁴⁹ – permitindo que as posições estelares pudessem ser lidas diretamente nas **cartas celestes**⁵⁰ – foi *Theatrum Mundi, et Temporis* (1588), do cartógrafo italiano Giovanni Paolo Gallucci (1538-1621). Esta obra consistia em xilogravuras das 48 constelações clássicas, utilizando coordenadas eclípticas e ponto de vista externo (figura 33), e nas cartas também estavam assinaladas as nebulosas listadas por Ptolomeu (figura 34). A magnitude das estrelas variava de 1 a 6, com as posições estelares tiradas do catálogo que consta no *De Revolutionibus* de Copérnico⁵¹.



Figura 33: Touro, em Gallucci

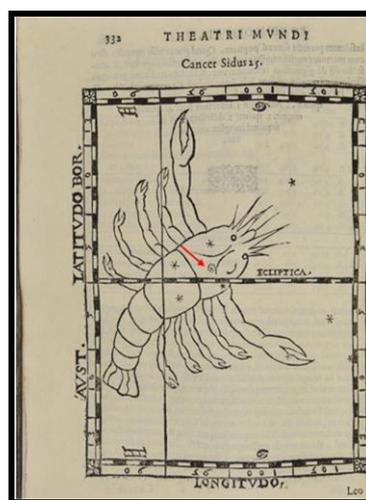


Figura 34: Caranguejo, em Gallucci

⁴⁹ Nas artes gráficas a palavra “placa” se refere à matriz de impressão (aquilo que é usado para imprimir), sendo o produto gráfico (livro, gravura etc.) o resultado dessa impressão.

⁵⁰ Isso revela uma tendência cartográfica dessa virada de século que seguirá um movimento ininterrupto até hoje: a busca por mais precisão (não à toa que as cartas são consideradas mapas de alta precisão).

⁵¹ Em *De revolutionibus orbium coelestium* (1543), o astrônomo polonês Nicolau Copérnico (1473-1543) defende sua crença num universo heliocêntrico, no qual a Terra era apenas um planeta girando ao redor do Sol. Para mais informações sobre sua cosmovisão e o catálogo supracitado, ver Copérnico (1984).

O catálogo de Tycho

O catálogo estelar incluso no *De Revolutionibus* é o mesmo de Ptolomeu – corrigido de forma a melhor explicar as posições observadas. De fato, embora a astronomia passasse por um lento processo de refinamento, as constelações clássicas e o sistema de magnitudes de Hiparco permaneciam intocados, até que nas duas últimas décadas do século XVI o astrônomo dinamarquês Tycho Brahe (1546-1601) produziu um catálogo estelar que suplantou aquele contido no *Almagesto*, sendo considerado o melhor da era pré-telescópica. Os instrumentos usados por Tycho – em sua maioria sextantes e quadrantes de grandes dimensões (figura 35) – eram feitos de metal (superiores, portanto, aos de madeira) e tinham um grau de precisão até então desconhecido. Tycho também apresentou 2 procedimentos inteiramente novos: corrigir a **refração astronômica** e os erros instrumentais⁵², o que resultou numa nova era para a astronomia de posição.

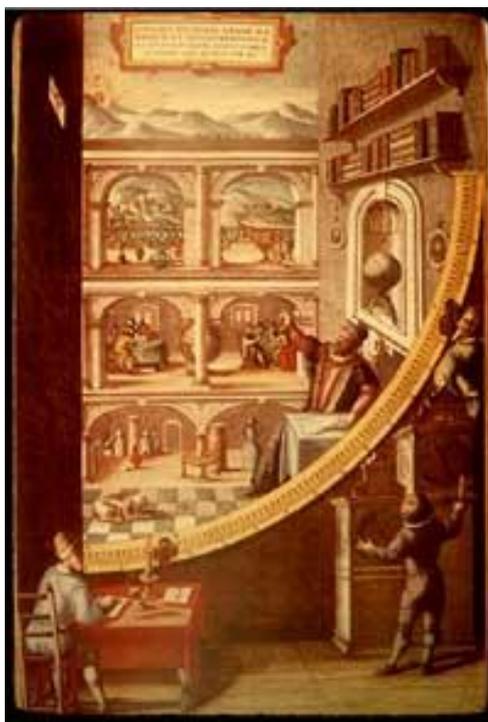


Figura 35: Quadrante mural de Tycho

⁵² Além de aperfeiçoar seus instrumentos, Tycho construiu tabelas onde corrigia os erros inerentes a cada um deles (afinal, nenhum instrumento de medição está isento de erros). Verificando que um pequeno erro não tinha importância – desde que fosse conhecido e tomada alguma providência no sentido de anular seus efeitos, Tycho utilizou a estatística no tratamento desses erros – o que constituiu uma inovação vital. Para mais informações sobre a acurácia dos instrumentos de Tycho Brahe, ver Wesley (1978).

Seus resultados circularam informalmente sob o título *Stellarum Octavi orbis inerrantium accurata restitutio* (1598), um manuscrito que continha um catálogo com aproximadamente 1.000 estrelas (Ridpath, 1988). Uma versão resumida, contendo 777 estrelas, foi publicado postumamente, em *Astronomiae Instauratae Progymnasmata* (1602), livro em 2 volumes que vem acompanhado do modelo cosmológico de Tycho e de duas xilogravuras com ponto de vista externo: uma da constelação de Cassiopéia e outra da *nova* de 1572⁵³ (figura 36). O catálogo de 1.000 estrelas de Tycho foi editado por seu assistente e eventual sucessor, o matemático alemão Johannes Kepler (1571-1630), e publicado nas *Tábuas Rodolfinas*⁵⁴ (1627). Esse catálogo tornou-se a base para as cartas celestes do século seguinte, e a precisão e sistematicidade das observações de Tycho Brahe permitiram a Kepler elaborar as leis do movimento planetário que levam seu nome.

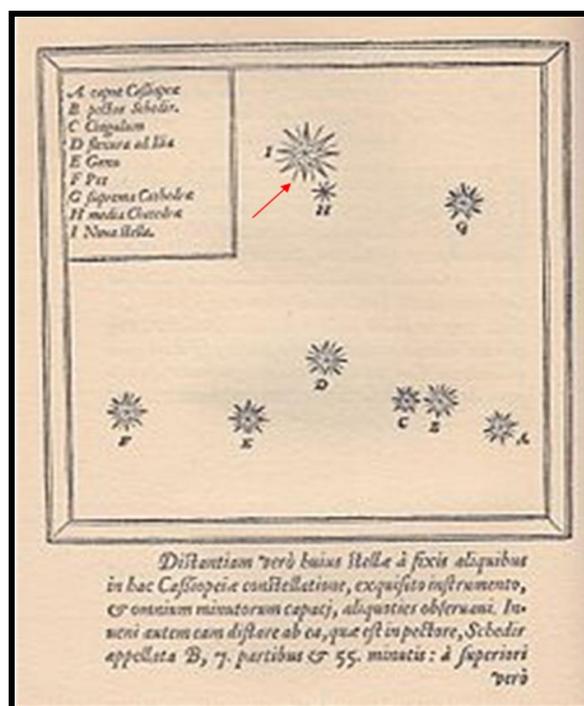


Figura 36: Nova de 1572, em Tycho

⁵³ Estrela *nova* observada por Tycho na constelação de Cassiopéia na noite de 11 de novembro de 1572, e que representou um rompimento total com a tradição aristotélica – segundo a qual tal objeto devia estar na esfera sublunar, já que o céu era imutável. Outro ponto de divergência com Aristóteles foram suas observações de um cometa em 1577 – que mostravam ser ele um verdadeiro objeto celeste e não um fenômeno meteorológico, como acreditava Aristóteles. Se não era totalmente a favor do universo aristotélico, Tycho ainda não aceitava o modelo heliocêntrico – acreditava que nosso planeta estivesse imóvel no centro do cosmo, e assim formulou sua própria cosmovisão: nela, a Terra permanecia fixa no centro do universo, com a Lua e o Sol em sua órbita – embora Tycho admitisse que os planetas pudessem orbitar ao redor do Sol. Tycho expôs seu sistema do mundo pela primeira vez em *De Mundi aetheri recentioribus phaenomenis liber secundus* (1588).

⁵⁴ Conjunto de tabelas com a posição dos planetas que Kepler dedicou a Rodolfo II, imperador do Sacro Império Romano-Germânico.

As grandes navegações

Da antiguidade ao alvorecer dos tempos modernos, as estrelas e constelações que ilustravam mapas e globos celestes ainda eram as contidas no *Almagesto*, mas a expansão marítima europeia fez com que os navegantes explorassem uma parte do céu até então desconhecida das latitudes boreais – o céu austral, e este foi um fator determinante para o surgimento das primeiras constelações modernas⁵⁵. Desejosos de encontrar um marco celeste que lhes auxiliasse na navegação, os portugueses parecem ter inventado o Cruzeiro do Sul – constelação que sempre aponta para o pólo celeste, uma maneira prática de encontrar o sul e estimar a latitude⁵⁶.

Na primeira metade do século XVI a maioria das descrições do Cruzeiro do Sul vinha acompanhada de um desenho (figuras 37 e 38), mas ainda faltavam elementos que permitissem posicionar a Cruz nos mapas (sistemas de coordenadas, círculos principais, constelações adjacentes).

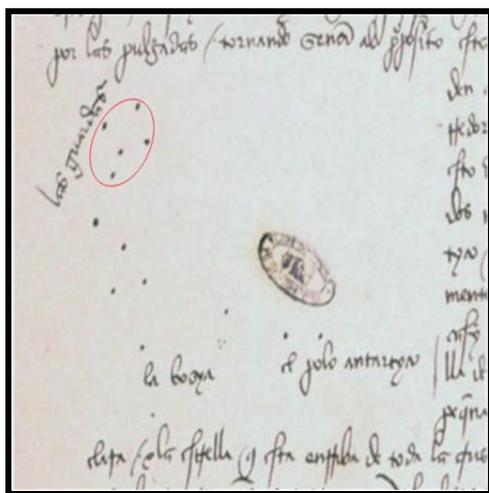


Figura 37: A Cruz de Mestre João (1500)

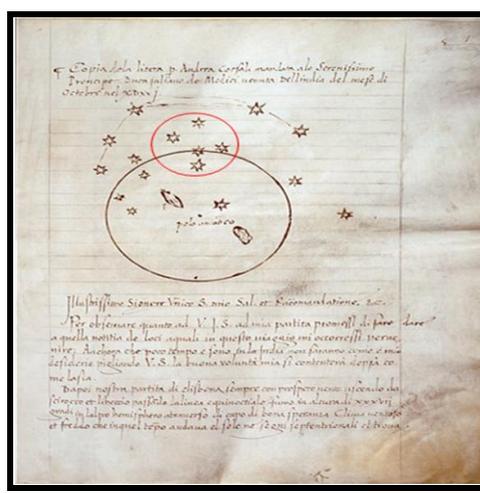


Figura 38: A Cruz de Andrea Corsali (1515)

Já na segunda metade surgem hemisférios e globos celestes onde o Cruzeiro aparece acompanhado desses elementos – embora isso ainda não fosse suficiente para localizá-lo corretamente (figuras 39, 40, 41 e 42).

⁵⁵ As grandes navegações comprovaram a esfericidade da Terra, oferecendo-nos uma nova plataforma de observação: o hemisfério austral da Terra, que possibilitou serem preenchidas as lacunas ao redor do pólo antártico.

⁵⁶ A criação do Cruzeiro do Sul está diretamente associada às grandes navegações dos séculos XV e XVI, sobretudo ao descobrimento do Brasil – episódio-chave na forma de descrever e retratar o céu austral. Para mais informações sobre descrições e representações do céu austral nesse período, ver Silva (2012).



Figura 39: *La creazione del cielo* (c.1550)

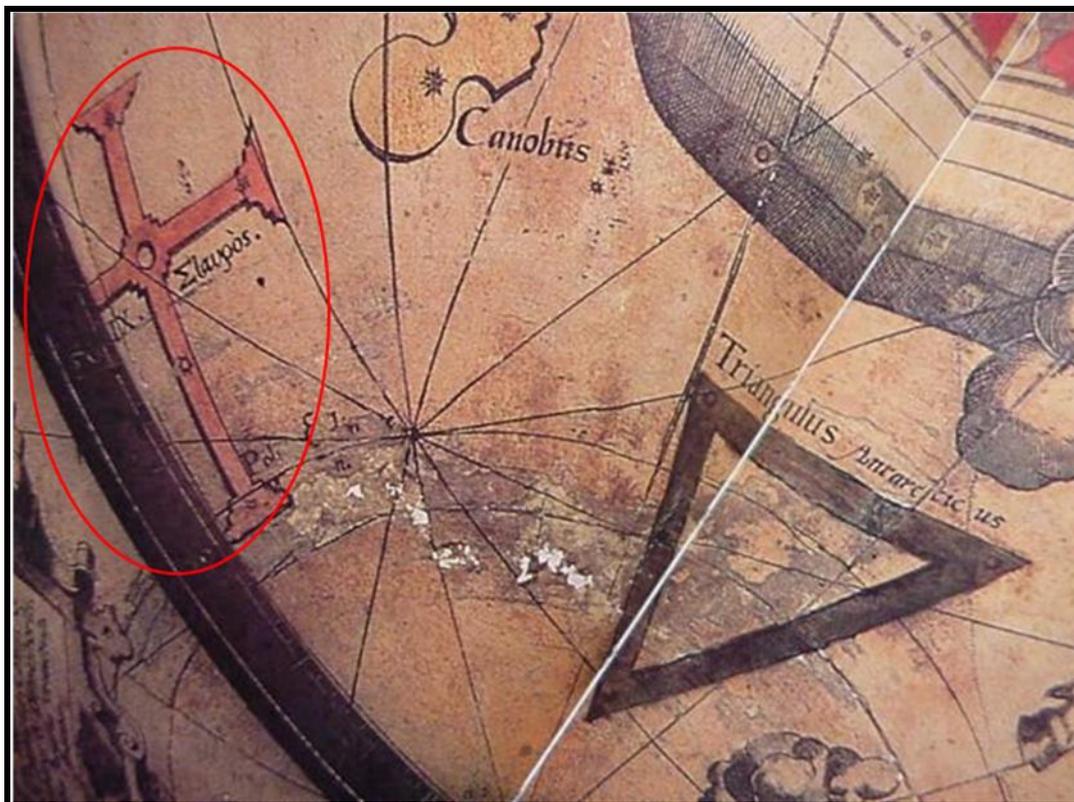


Figura 40: Globo celeste de Jacob e Arnold Van Langren (1589)



Figura 41: Hemisfério sul de Cornelius Claesz (1592)

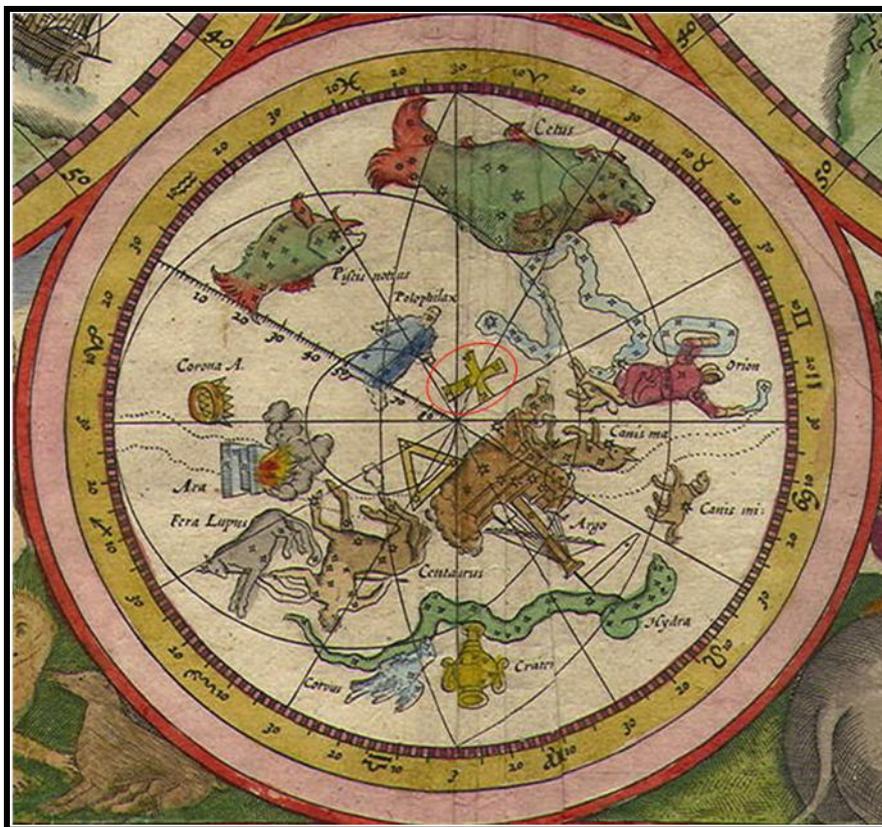


Figura 42: Hemisfério sul de Petrus Plancius (1594)

Considerado fundamental na exploração e difusão do céu austral, o cartógrafo e geógrafo holandês Petrus Plancius (1552-1622) produziu mapas e globos celestes nos quais introduziu diversas novas constelações, entre elas Pomba (1592), Ave do Paraíso, Camaleão, Dourado, Fênix, Grou, Hidra Macho, Índio, Mosca, Pavão, Peixe-Voador e Tucano (1598) – todas em uso ainda hoje. Em seu globo de 1598, Plancius utilizou os dados das observações feitas pelos navegadores holandeses Pieter Keyser (c.1540-1596) e Frederick de Houtman (1571-1627). Keyser era aluno de Plancius e havia deixado a Holanda em 1595 na esquadra comandada pelo explorador holandês Cornelis de Houtman. A esquadra tinha entre seus tripulantes Frederick – irmão mais novo de Cornelis – que aparentemente assistiu Keyser em suas observações. Após a morte de Keyser, a esquadra retornou à Holanda e Plancius publicou o catálogo de Keyser, no qual estavam listadas 135 novas estrelas. Numa segunda expedição iniciada em março de 1598, Cornelis foi assassinado e Frederick mantido prisioneiro por 2 anos em Sumatra (Indonésia), onde observou uma região mais extensa do céu austral. Frederick aumentou a lista de Keyser para 303 estrelas – embora 107 delas já fossem conhecidas por Ptolomeu⁵⁷, publicando seu próprio catálogo após retornar à Holanda, em 1603. Keyser e Frederick recebem o crédito pela criação dessas novas constelações (figura 43), embora este último não reconheça ter existido qualquer forma de contribuição de Keyser para seu trabalho.



Figura 43: Globo celeste de Willem Janszoon Blaeu (1602)

⁵⁷ Para mais informações sobre o catálogo de Frederick de Houtman, ver Knobel (1917) e Verbunt & van Gent (2011). A constelação do Triângulo Austral também consta na lista de Houtman, embora tenha feito sua primeira aparição no globo celeste de Jacob e Arnold Van Langren de 1589 (ver figura 40).

Duas outras constelações inventadas por Plancius – Girafa e Unicórnio (figuras 44 e 45) – debutaram em seu globo de 1613, mas só se firmaram na cartografia celeste depois que o genro de Kepler, o astrônomo e matemático alemão Jacob Bartsch (1600-1633), as incluiu em *Planisphaerii Stellati* (1624), obra composta por 3 mapas com ponto de vista interno: um mapa centrado no **pólo eclíptico** norte (que vai até o Trópico de Câncer) e 2 mostrando a região zodiacal (com a latitude celeste variando de 35° norte até 55° sul).

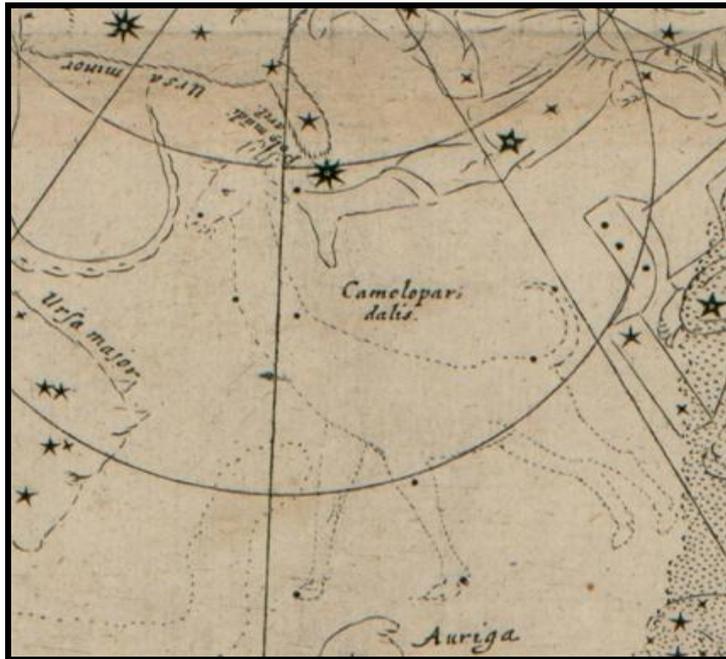


Figura 44: Girafa, em Bartsch



Figura 45: Unicórnio, em Bartsch

A Idade de Ouro dos atlas celestes

O catálogo de Tycho e as novas constelações austrais fizeram com que a cartografia celeste entrasse numa nova era: começava a Idade de Ouro dos atlas celestes⁵⁸ (1603-1801), período no qual foram produzidos os mais belos atlas celestes de todos os tempos. Embora fossem apreciados como verdadeiras obras de arte, esses atlas eram – antes de tudo – trabalhos científicos, cujo propósito era fornecer as posições estelares com a maior precisão possível. Impulsionados pelos avanços tecnológicos na observação astronômica e nas técnicas de impressão, esses atlas resgataram o aspecto estético que as observações sempre suscitaram – conferindo nobreza ao trabalho de astrônomos e cartógrafos. Considerada uma época onde “a arte da ciência e a ciência da arte desfrutaram de um período único de reciprocidade” (Burnham, 2005), foi durante a Idade de Ouro que surgiram os chamados **Grandes Atlas** – obras importantes por suas inovações e influências na cartografia vindoura.

A *Uranometria* de Bayer

O maior avanço uranográfico desde Ptolomeu foi a *Uranometria* (1603) do advogado e astrônomo amador alemão Johann Bayer (1572-1625), o primeiro dos Grandes Atlas. A edição original parece baseada no catálogo de Tycho⁵⁹ e tinha 1.706 estrelas (Brown, 1932). Placas de cobre⁶⁰ foram usadas como matriz para a impressão em papel, gerando 51 gravuras com coordenadas eclípticas distribuídas da seguinte forma: 48 com as constelações clássicas (com ponto de vista interno), 2 hemisférios celestes (com ponto de vista externo, onde não aparecem as figuras das constelações) e um mapa com as novas constelações austrais (figura 46), onde estão assinaladas as **Nuvens de Magalhães**. Os nomes das constelações não aparecem nas cartas (apenas no catálogo que acompanha cada uma delas) e o zodíaco é representado por uma faixa escura (figura 47).

⁵⁸ Ashworth (1997); Lachize-Rey & Luminet (2001); Kanas (2007); Glenn (2009); Leitão (2009).

⁵⁹ Para mais informações sobre o catálogo estelar usado por Bayer, ver Swerdlow (1986).

⁶⁰ Além de terem uma vida útil maior que a madeira, a gravura em metal permitia que se trabalhasse mais detalhes nas placas – conseqüentemente conferindo mais precisão na representação das posições estelares.

Um importante aspecto de *Uranometria* foi a criação de uma nova nomenclatura (utilizada ainda hoje) na qual as estrelas de uma constelação são identificadas com uma letra minúscula grega, de acordo com seu brilho: a estrela mais brilhante passou a ser representada pela letra grega alfa (α), a segunda por beta (β), a terceira por gama (γ), e assim por diante (embora em alguns casos Bayer não tenha seguido estritamente a ordem de brilho, distribuindo as letras de acordo com outros critérios – como ascensão reta e declinação). Apesar de adepto do ponto de vista interno, Bayer retratou algumas figuras de constelações de costas (figura 48), o que tornava incorretas algumas descrições clássicas (p. ex., a estrela Rigel, descrita por Ptolomeu como estando no pé esquerdo de Órion, aparece no pé direito da figura de Bayer).

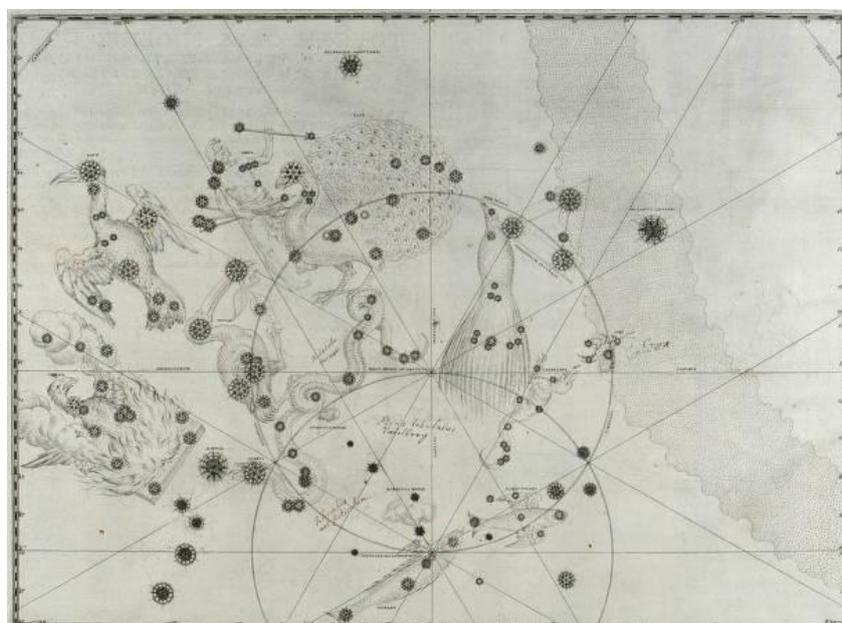


Figura 46: Novas constelações austrais, em Bayer

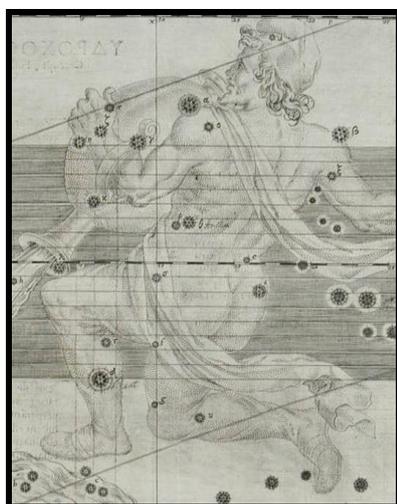


Figura 47: Aquário, em Bayer

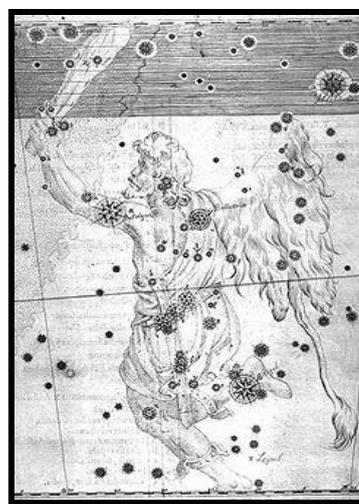


Figura 48: Órion, em Bayer

É na própria Alemanha que começamos a notar a influência de Bayer⁶¹: em *De stella nova in pede serpentarii* (1606), Kepler registra uma *nova* que surgiu em 1604 na constelação do Serpentário (figura 49) – mesma época e região do céu em que ocorreu uma **conjunção** dos planetas Marte, Júpiter e Saturno. A gravura de Kepler utiliza coordenadas eclípticas e tem ponto de vista interno. As posições estelares foram tiradas do catálogo de Tycho e as figuras das constelações de Bayer (figura 50), embora Kepler não simpatizasse com a decisão deste de mostrar a figura de costas⁶².



Figura 49: Serpentário, em Kepler



Figura 50: Serpentário, em Bayer

A obra de Bayer também inspirou a publicação de *Coelum stellatum christianum* (1627), obra do monge alemão Julius Schiller (1607-1627). Contrário à associação entre constelações e mitos clássicos, Schiller “cristianiza” o céu, substituindo todas as constelações pagãs por suas contrapartidas cristãs: as constelações zodiacais tornaram-se os 12 apóstolos (figuras 51 e 52), o Navio foi transformado na Arca de Noé, Erídano no Mar Vermelho, e assim por diante. A regra criada por Schiller foi transformar as constelações do hemisfério norte celeste em figuras do Novo Testamento, enquanto as do sul seriam do Velho Testamento.

As 51 gravuras de Schiller estão na mesma ordem que as de Bayer, porém com ponto de vista externo. Oposta a cada gravura há uma tabela na qual as estrelas são

⁶¹ Para mais informações sobre a influência de Bayer na cartografia, ver Ashworth (1997) e Kanas (2007).

⁶² Embora o ponto de vista interno torne a representação mais útil para quem observa, retratar a figura de costas – como fez Bayer – faz com que as descrições clássicas fiquem ininteligíveis (p. ex., as duas estrelas brilhantes que tradicionalmente formam o ombro direito do Serpentário são representadas por Bayer no ombro esquerdo; o mesmo acontece com a *nova* descrita como estando no pé esquerdo da figura da Bayer – que numa representação tradicional está localizada no pé direito).

identificadas por algarismos arábicos. Schiller descreve cada estrela duas vezes: uma referente à constelação pagã e outra à substituta cristã. Como o ponto de vista interno de Bayer foi adotado pela maioria dos astrônomos, Schiller decidiu produzir uma edição inteira de seu atlas utilizando as contraprovas das placas originais, ou seja, em *Coelum stellatum christianum concavum* (1627) as estrelas aparecem invertidas, e não são mais representadas as figuras das constelações (figuras 53 e 54).

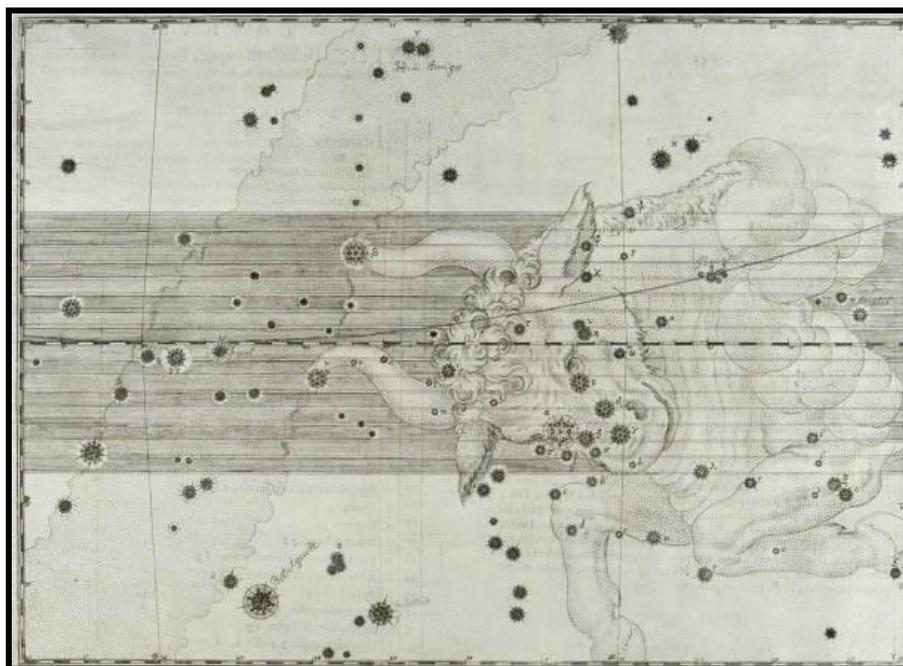


Figura 51: Touro, em Bayer



Figura 52: Touro (Santo André), em Schiller

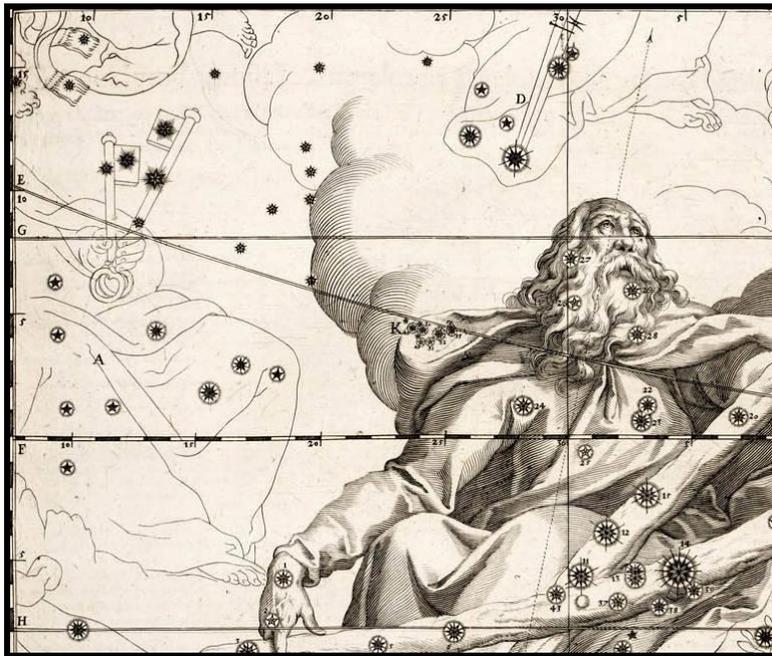


Figura 53: Touro, em Schiller (externo)

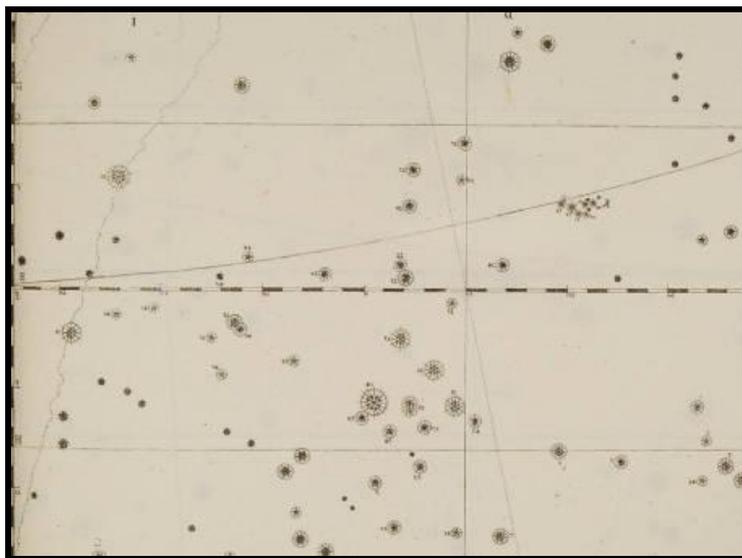


Figura 54: Touro, em Schiller (interno)

Embora suas inovações não tenham sido aceitas, Schiller deixou um pequeno legado. Em *Harmonia macrocosmica* (1661), o matemático e cartógrafo holandês Andreas Cellarius (1596-1665) apresenta 29 gravuras de página dupla, sendo 2 dos seus 8 mapas baseados nos de Schiller, mostrando as novas constelações cristãs. Os 6 mapas restantes trazem as figuras das constelações aparentemente inspiradas em Plancius, todos com ponto de vista externo. As outras 21 gravuras trazem os diagramas das órbitas do Sol, da Lua e dos planetas de acordo com os modelos cosmológicos de

Ptolomeu, Copérnico e Tycho. Embora artisticamente perfeito e considerado um dos mais belos atlas de todos os tempos (figura 55), a obra de Cellarius não apresenta nada que tenha inovado ou influenciado o desenvolvimento da cartografia subsequente.



Figura 55: Touro, em Cellarius

A revolução óptica

Além da *nova* de 1604, Kepler tinha outros interesses – entre eles estudos sobre óptica que lhe renderam uma publicação chamada *Dioptrice* (1611), onde propõe a construção de um **telescópio** que utiliza duas lentes convexas. A idéia surgiu depois de saber que outro simpatizante do heliocentrismo, o matemático e astrônomo italiano Galileu Galilei (1564-1642), havia feito descobertas surpreendentes com seu telescópio⁶³. Embora o primeiro telescópio pareça ter surgido na Holanda, na segunda metade de 1608 – onde Hans Lippershay, Jacob Adriaanzoon e Zacharias Jansen reclamaram para si a patente desta invenção⁶⁴, a notícia da construção de um tubo com lentes que observava objetos a distância espalhou-se rapidamente pela Europa, chegando até Galileu – este sim o primeiro homem a usar o instrumento para investigações astronômicas⁶⁵.

⁶³ O modelo do telescópio de Galileu usava uma lente convexa como objetiva e uma côncava como ocular.

⁶⁴ Para mais informações sobre a história do telescópio, ver King (1955).

⁶⁵ Parece que o matemático e astrônomo inglês Thomas Harriot (1560-1621) realizou as primeiras observações telescópicas da superfície lunar alguns meses antes de Galileu, mas como não publicou, os méritos recaem – com justiça – sobre este último.

As observações de Galileu argumentavam contra Aristóteles e forneciam fortes evidências aos defensores de Copérnico, quando revelavam crateras e montanhas na Lua (os astros não eram perfeitos), satélites orbitando Júpiter⁶⁶ (nem todos os corpos celestes giravam ao redor da Terra) e a Via Láctea composta por uma miríade de estrelas fracas demais para serem vistas a olho nu (o universo era maior do que se pensava)⁶⁷. Seu *Sidereus Nuncius* (1610) também trazia desenhos do cinturão de Órion, do aglomerado das Plêiades e de duas nebulosas: a de Órion⁶⁸ e a do Presépio (figura 56) – mostrando como o telescópio ajudava na **resolução** desses objetos em verdadeiros aglomerados estelares. Dessa forma, embora não tenha influenciado a cartografia logo num primeiro momento, o telescópio acabou se tornando um poderoso aliado dos cartógrafos.

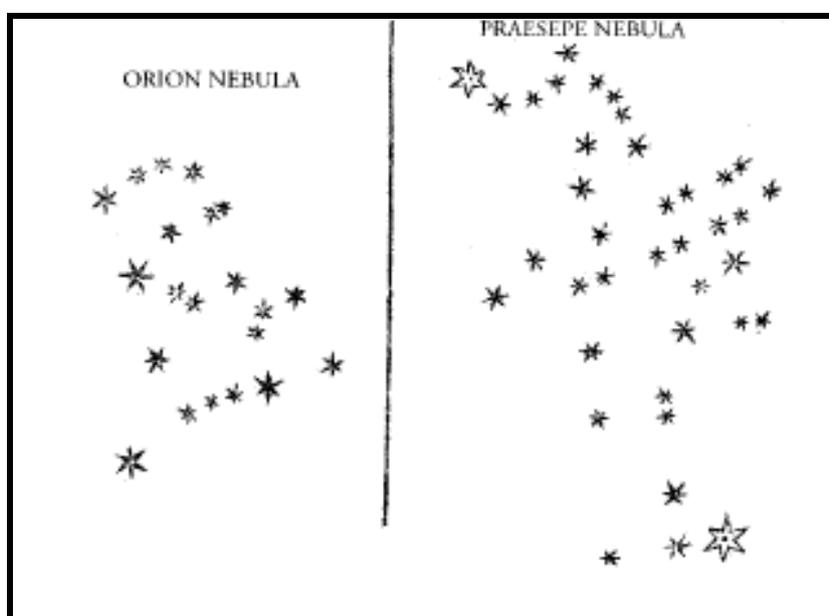


Figura 56: nebulosas de Órion e do Presépio, em *Sidereus Nuncius*

No decorrer do século XVII astrônomos desenvolveram telescópios com lentes maiores – já que um aumento no diâmetro da objetiva significava ampliar a capacidade de coletar luz. O problema é que uma lente grande resultava em distorções de imagem e cor⁶⁹ – que necessitava ser compensada com uma **distância focal** maior. Uma alternativa a esse problema surgiu em 1668 com a construção do telescópio refletor,

⁶⁶ Galileu chamou os 4 maiores satélites de Júpiter de “estrelas de Medici”, homenageando seu patrono, o grão-duque Cosme de Medici; posteriormente essas luas ficaram conhecidas como satélites galileanos.

⁶⁷ Posteriormente, Galileu também observou as fases de Vênus, as manchas solares e os anéis de Saturno.

⁶⁸ Embora hoje saibamos que existe uma nebulosa ao redor das estrelas λ e ϕ^1 Ori, Ptolomeu a chamou de “a estrela nebulosa na cabeça de Órion” provavelmente pela proximidade entre as duas – que lhes confere um aspecto nebuloso, maior que de uma estrela. Para mais informações, ver Toomer (1998: 382).

⁶⁹ Aberração esférica e cromática, respectivamente. Para mais informações, ver Crowe (1994: 7).

desenvolvido pelo físico inglês Isaac Newton (1643-1727). Newton inventou um telescópio que trabalhava com espelhos ao invés de lentes⁷⁰, cuja principal característica é ausência de aberração cromática. Outras vantagens estão relacionadas às suas dimensões: se comparado aos refratores, os refletores admitem objetivas maiores e distâncias focais menores. Posteriormente, outros instrumentos descendentes do modelo newtoniano⁷¹ acabaram se revelando extremamente úteis para estudar objetos tênues, como nebulosas e cometas.

Cometas

Precursos de maus agouros, cometas foram tema de diversos livros – e suas trajetórias motivo de registro em diversos mapas celestes. Belíssimo exemplar deste tipo de trabalho é *Theatrum Cometicum* (1666-1668), obra em 3 volumes do astrônomo e teólogo polonês Stanislaw Lubieniecki (1623-1675), em que são mostradas as trajetórias de mais de 400 cometas (figura 57) e contadas as histórias de como esses eventos influenciavam os acontecimentos em nosso Planeta.

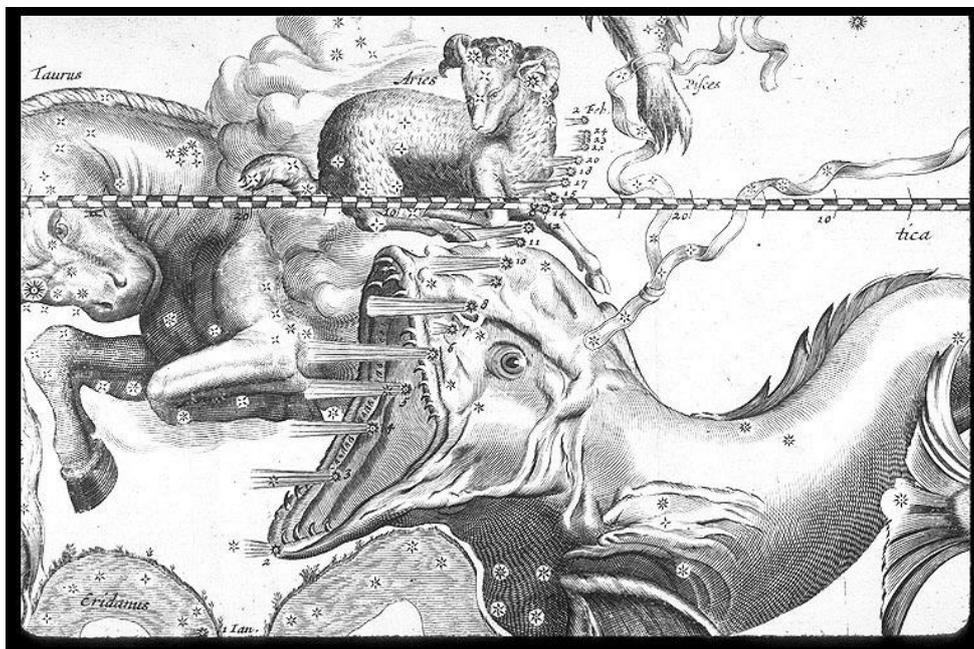


Figura 57: Touro, em Lubieniecki

⁷⁰ O telescópio refletor – ou simplesmente refletor – usava como objetiva um espelho côncavo localizado na parte inferior do tubo, em conjunto com um espelho plano menor inclinado de 45° em relação ao eixo óptico do sistema – que refletia os raios luminosos para a lateral do tubo (nessa posição estava localizada uma ocular para a observação do astro).

⁷¹ P. ex., refletores com montagem Cassegrain e Gregoriana.

O livro de Lubieniecki parece ter sido a inspiração para *Globi Coelestis* (1674), publicação póstuma do jesuíta francês Ignace-Gaston Pardies (1636-1673) – misto de matemático e físico que trocava correspondências com Newton, Leibniz e Huygens. As figuras de constelações de Pardies pareciam influenciadas pelas de Bayer, e seu atlas apresentava as trajetórias de diversos cometas (figura 58) em 6 mapas com ponto de vista interno: 4 centrados nos pontos dos **solstícios** e **equinócios**, mais 2 centrados nos pólos celestes. Numa segunda edição (1690) foram acrescentadas as trajetórias de cometas descobertos (ou identificados) mais recentemente, como o cometa de Newton⁷² e o cometa de Halley (figura 59) – este último em sua passagem de 1682.

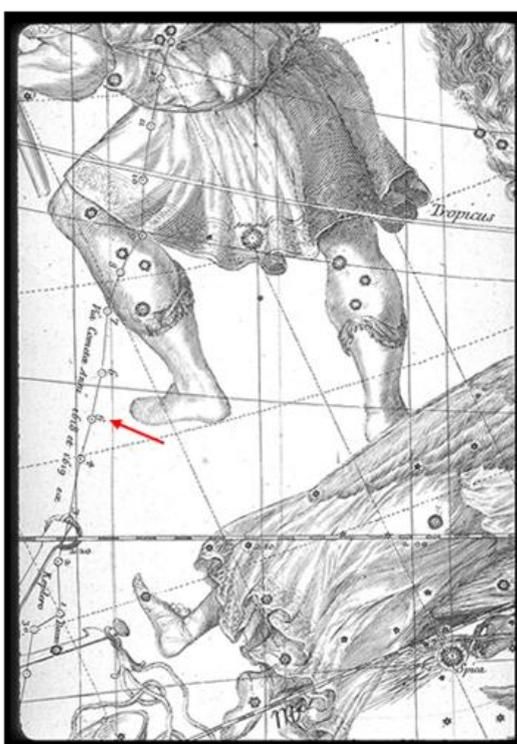


Figura 58: cometa de Kepler, em Pardies



Figura 59: cometa de Halley, em Pardies

O *Firmamentum Sobiescianum* de Hevelius

Os cometas também foram objeto de estudo do astrônomo polonês Johannes Hevelius (1611-1687), que publicou mapas onde mostrava a trajetória desses astros⁷³ (figura 60); outros interesses seus incluíam cartografia lunar e a construção de grandes

⁷² Também chamado Grande Cometa de 1680, foi utilizado por Newton nos *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (1687) para ilustrar as órbitas elípticas desses astros.

⁷³ *Epistola de cometa: Anno MDCLXXII, Mense, Martio, & Aprili* (1672). Outra obra onde Hevelius também trata do assunto é *Cometographia* (1668), onde relata os cometas por ele descobertos e expõe sua tese de que tais corpos estão em uma trajetória parabólica ao redor do Sol.

telescópios⁷⁴. Mas Hevelius também costuma ser lembrado pela compilação de um catálogo estelar com 1.564 estrelas (Ridpath, 1988) – o *Catalogus Stellarum Fixarum* – publicado postumamente como parte de um livro chamado *Prodomus Astronomiae* (1690). Embora esse catálogo tivesse suas posições estelares obtidas utilizando apenas quadrantes e sextantes – rejeitando as miras telescópicas usadas pelos astrônomos da época⁷⁵, ele foi considerado o melhor desde Tycho, servindo de referência para a confecção de diversos atlas no começo do século XVIII⁷⁶.



Figura 60: O cometa de 1672, em Hevelius

Acompanhando *Prodomus* também havia um atlas, *Firmamentum Sobiescianum*, cujas poucas cópias circularam separadamente em 1687. O atlas tinha sua própria paginação (independente do prefácio e do catálogo), e nele Hevelius introduzia 11 novas constelações⁷⁷, das quais 7 permanecem em uso: Cães de Caça, Escudo, Lagarto, Leão Menor, Lince, Raposa e Sextante (figuras 61 e 62). Esta obra era composta por 56 gravuras impressas sobre placas de cobre: 54 mostrando uma constelação principal (em

⁷⁴ Hevelius publicou *Selenographia* (1647), o primeiro estudo sério sobre a superfície da Lua, e em *Machinae Coelestis Pars Prior* (1673) e *Machinae Coelestis Pars Posterior* (1679) descreveu e ilustrou instrumentos como o gigantesco refrator de 150 pés (45m) de distância focal.

⁷⁵ A elaboração de um catálogo estelar sem o uso do telescópio era algo inimaginável no final do século XVII, e por isso Hevelius foi alvo de diversas críticas, entre elas a do inglês Robert Hooke (1635-1703). É bom esclarecer que Hevelius não era contra o uso do telescópio – sua *Selenographia* é prova disso, mas ele achava que a qualidade das lentes da época resultava em distorções que não compensavam seu uso.

⁷⁶ Para mais informações sobre a influência de Hevelius na cartografia, ver Ashworth (1997) e Kanas (2007).

⁷⁷ As constelações de Cérbero, Monte Menalo, Mosca do Norte e Triângulo Menor não aparecem no *Prodomus* – apenas no *Firmamentum Sobiescianum*.

destaque) e outras adjacentes, além dos hemisférios norte e sul. Hevelius utilizou coordenadas eclípticas e ponto de vista externo (figuras 63 e 64). As estrelas não receberam as letras gregas de Bayer, sendo reconhecidas no catálogo de acordo com a designação ptolomaica. *Firmamentum Sobiescianum* é considerado o segundo dos Grandes Atlas, e o primeiro a competir com *Uranometria* em inovação (novos catálogo e constelações) e influência.

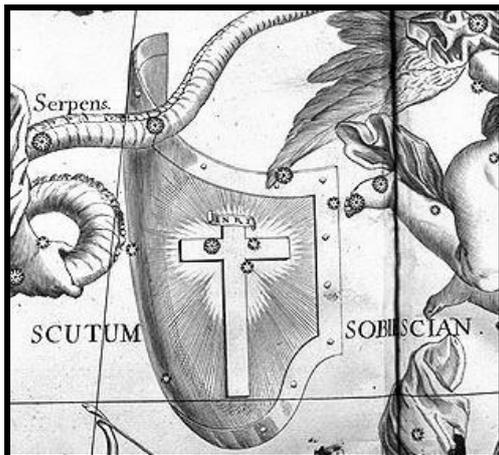


Figura 61: Escudo, em Hevelius

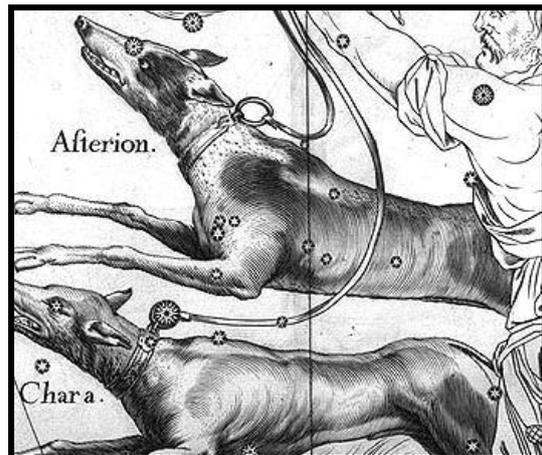


Figura 62: Cães de Caça, em Hevelius

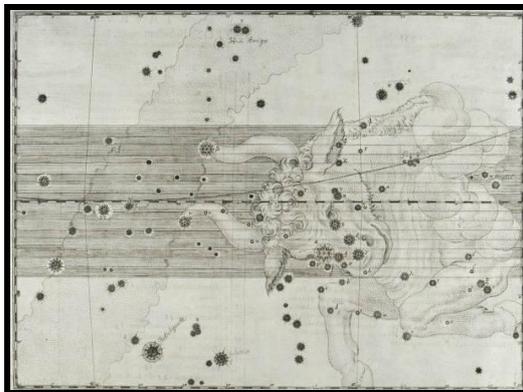


Figura 63: Touro, em Bayer

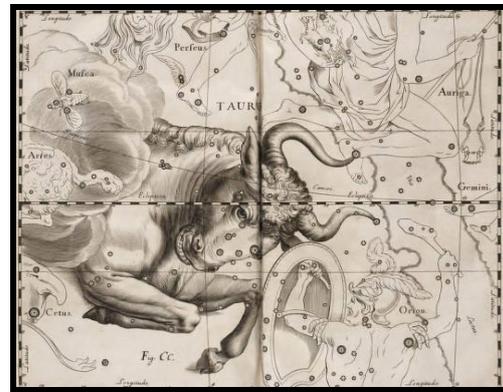


Figura 64: Touro, em Hevelius

O cálculo da longitude no mar

Embora Hevelius tenha montado seu catálogo baseado em suas próprias observações, para as estrelas austrais ele usou aquelas constantes no *Catalogus Stellarum Australium* (1679), feitas pelo astrônomo inglês Edmund Halley (1656-1742) – famoso pela descoberta do **movimento próprio** das estrelas⁷⁸ e do cometa que leva

⁷⁸ Para mais informações, ver Halley (1718).

seu nome⁷⁹. No fim de 1676, Halley viajou para a ilha de Santa Helena e no ano seguinte começou o primeiro levantamento preciso do céu do hemisfério sul, relacionando 341 estrelas até a 6ª magnitude naquele que se tornaria o primeiro catálogo estelar compilado com o auxílio do telescópio⁸⁰. Halley também produziu um catálogo com 6 nebulosas⁸¹, e entre os objetos listados por ele estão duas descobertas suas: os aglomerados globulares omega Centauri⁸² (descoberto em 1677, enquanto estava em Santa Helena) e o aglomerado de Hércules⁸³ (descoberto em 1714). Halley produziu 2 hemisférios celestes centrados nos pólos eclípticos e com ponto de vista interno: o norte se chamava *The Right Ascensions and Declinations of the Principal Fixed Stars* (1678), e o sul *Carolo II D. G. Mag. Brit. ...* (1678) – este último publicado com o *Catalogus* em 1679 e que tinha a constelação de *Robur Carolinum* (Carvalho de Charles), criada por Halley para homenagear o rei Charles II da Inglaterra (figura 65).



Figura 65: Carvalho de Charles, em Halley

⁷⁹ Halley notou que os cometas observados em 1531, 1607 e 1682 pareciam ter alguma relação entre si. Supondo se tratar do mesmo objeto, usou a lei da gravitação universal e previu seu retorno para dezembro de 1758, e embora tenha ocorrido um atraso de alguns dias na reaparição do cometa isso não impediu que ele ficasse conhecido como o cometa de Halley – “o primeiro triunfo da teoria de Newton” (Ronan, 1987).

⁸⁰ Para mais informações sobre a acurácia do catálogo de Halley, ver Verbunt & van Gent (2011).

⁸¹ Para mais informações, ver Halley (1716).

⁸² Curiosidade: em seu catálogo estelar, Halley descreveu a 21ª estrela na constelação do Centauro como uma nebulosa, embora o objeto já tivesse sido catalogado como uma estrela por Ptolomeu no *Almagesto*; a designação atual foi baseada na classificação feita por Bayer em *Uranometria* (1603).

⁸³ Hoje conhecido como M13.

As observações de Halley tinham como objetivo a preparação de tabelas com a posição dos errantes, de forma que os navegantes pudessem encontrar a longitude no mar⁸⁴. Baseado no movimento dos errantes em relação ao fundo de estrelas fixas, astrônomos eram capazes de determinar a hora num **meridiano** de referência – Paris⁸⁵ ou Greenwich, por exemplo – e essa hora era comparada com a hora local obtida no mar, a diferença entre as duas fornecendo a longitude. A solução encontrada pelos ingleses foi usar o movimento da Lua em relação ao fundo de estrelas fixas como uma espécie de relógio celeste, embora esse método exigisse um catálogo estelar muito preciso – o que não existia à época.

O *Atlas Coelestis* de Flamsteed

Convencido da necessidade da elaboração de tal catálogo, em 1675 o rei Charles II cria o Observatório Real de Greenwich, nomeando seu diretor e primeiro Astrônomo Real o inglês John Flamsteed (1646-1719). Flamsteed eleva o nível da cartografia quando associa o telescópio a quadrantes e sextantes, além de utilizar o recém inventado micrômetro – um instrumento que permitia a medição de pequenas distâncias ou ângulos com uma precisão antes inexecutável. Publicado em 1725⁸⁶, os três volumes da *Historia Coelestis Britannica* traziam material que servia de base para a confecção de tábuas astronômicas e almanaques náuticos⁸⁷, tais como tabelas de declinação do Sol, correção à **altura** observada da Polar, posições da Lua em relação ao Sol, aos planetas e algumas estrelas próximas à eclíptica, além de um catálogo com aproximadamente 3.000 estrelas até a 8ª magnitude – um número consideravelmente superior aos anteriores e só possível graças ao extenso uso do telescópio.

⁸⁴ Numa época onde os relógios ainda não eram muito confiáveis, tornou-se importante saber utilizar os astros para localizar um navio no mar. Embora maneiras de se calcular a latitude fossem conhecidas desde a antiguidade – como medir a altura do Sol ao meio-dia ou da Polar à noite – ainda não existia um método seguro para se determinar a longitude no mar. A solução veio através do relojoeiro inglês John Harrison (1693-1776), que desenvolveu o primeiro cronômetro marítimo de alta precisão para uso em alto-mar.

⁸⁵ Os franceses optaram por estudar o movimento dos satélites de Júpiter, tentando calcular a hora exata em que eles eram eclipsados pela sombra do planeta; tabelas com esses dados permitiriam que os navegantes utilizassem Júpiter como um relógio celeste (método eficiente enquanto se estava em terra firme, mas falho quando se leva em consideração o balanço de um navio). A confecção de tais tabelas tornou-se responsabilidade do Observatório de Paris, inaugurado em 1671 e que teve como primeiro diretor o astrônomo italo-francês Giovanni Domenico (ou Jean Dominique) Cassini (1625-1712).

⁸⁶ Em 1712 saiu uma versão preliminar – e não autorizada – desse catálogo, publicada por Newton sob a supervisão de Halley – o que acabou gerando uma grande inimizade entre Flamsteed e os dois.

⁸⁷ Um almanaque náutico é uma publicação da Marinha que contém informações astronômicas utilizadas em navegação. Para mais informações, ver Miguens (1999). Para mais informações sobre os critérios usados na escolha e agrupamento das estrelas utilizadas em navegação astronômica, ver Silva (2010).

Baseado nesse catálogo, a viúva e assistentes de Flamsteed publicaram *Atlas coelestis* (1729), o maior atlas celeste produzido até então, que apresentava 27 gravuras impressas sobre placas de cobre, quase todas com ponto de vista interno⁸⁸. Com o pretexto de melhor posicionar as estrelas, não foram representadas nebulosas nem a Via Láctea. Embora tenha sido o terceiro dos Grandes Atlas, foi o primeiro deles a utilizar como principais coordenadas as equatoriais, ao invés das tradicionais coordenadas eclípticas⁸⁹. Outro grande mérito desse atlas foi rever a forma como algumas constelações foram representadas por Bayer: enquanto na *Uranometria* essas constelações eram mostradas de costas – divergindo das descrições clássicas (figura 66), Flamsteed retratou essas figuras de frente (figura 67), argumentando que o trabalho de Bayer promovia certa confusão entre os cartógrafos.

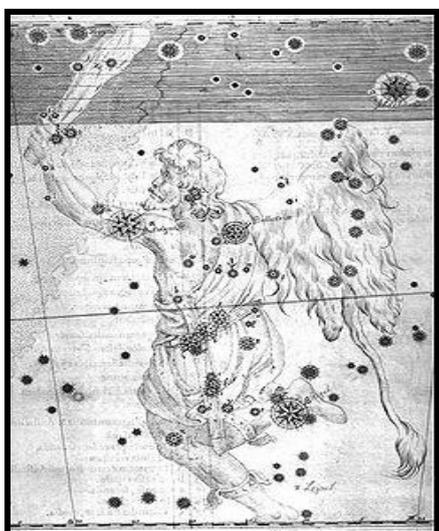


Figura 66: Órion, em Bayer



Figura 67: Órion, em Flamsteed

A caminho do ápice

Conquanto fosse a grande referência cartográfica do século XVIII⁹⁰, nem todos os atlas posteriores foram baseados no de Flamsteed. Um bom exemplo é *Uranographia Britannica* (c.1750), do astrônomo e médico inglês John Bevis (1695-1771), que seguiu

⁸⁸ Exceto pelo hemisfério norte celeste – que tinha ponto de vista externo. Desde então a preferência por uma forma de representação mais utilitária – uma necessidade patente à época – fez com que a cartografia pendesse decisivamente em favor do ponto de vista interno.

⁸⁹ Em *Epitome Cosmografica* (1693) e *Globi Differenti Del P. Coronelli* (1701), o cartógrafo italiano Vincenzo Coronelli (1650-1718) já apresentava as coordenadas equatoriais superpostas às eclípticas.

⁹⁰ Para mais informações sobre a influência de Flamsteed na cartografia, ver Ashworth (1997) e Kanas (2007).

o estilo de Bayer: as mesmas 51 gravuras, cobrindo as mesmas áreas do céu, com coordenadas eclípticas e ponto de vista interno. As constelações inventadas por Hevelius aparecem entre as 79 retratadas por Bevis, embora as figuras pareçam inspiradas nas encontradas em *Uranometria* (figuras 68 e 69). Este atlas contém mais de 3.550 estrelas até a 8ª magnitude, baseadas nos catálogos de Hevelius, Halley, Flamsteed e do próprio Bevis. Além de incluir duas *supernovae* (a de 1572 e de 1604), esse trabalho apresenta 9 objetos que Bevis chamou de *nebula* (incluindo o primeiro registro da nebulosa do Caranguejo – figura 70), além de símbolos diferentes para *nebulose* (objetos não completamente resolvíveis pelo telescópio utilizado por Bevis – como a nebulosa de Órion) e *extinct* (estrelas registradas por outros autores mas desaparecidas na época de Bevis – como a *nova* de 1670, na constelação da Raposa)⁹¹.

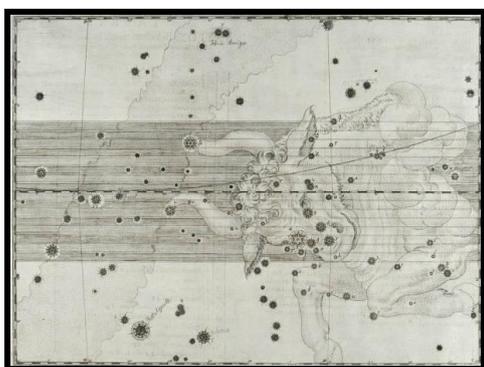


Figura 68: Touro, em Bayer

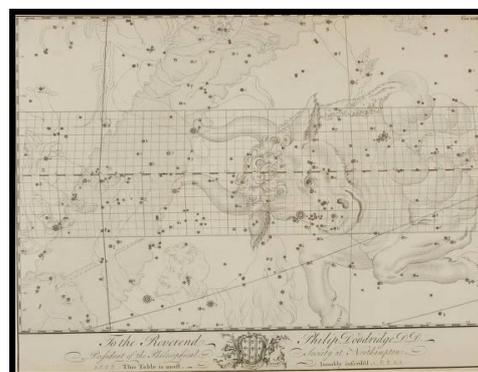


Figura 69: Touro, em Bevis

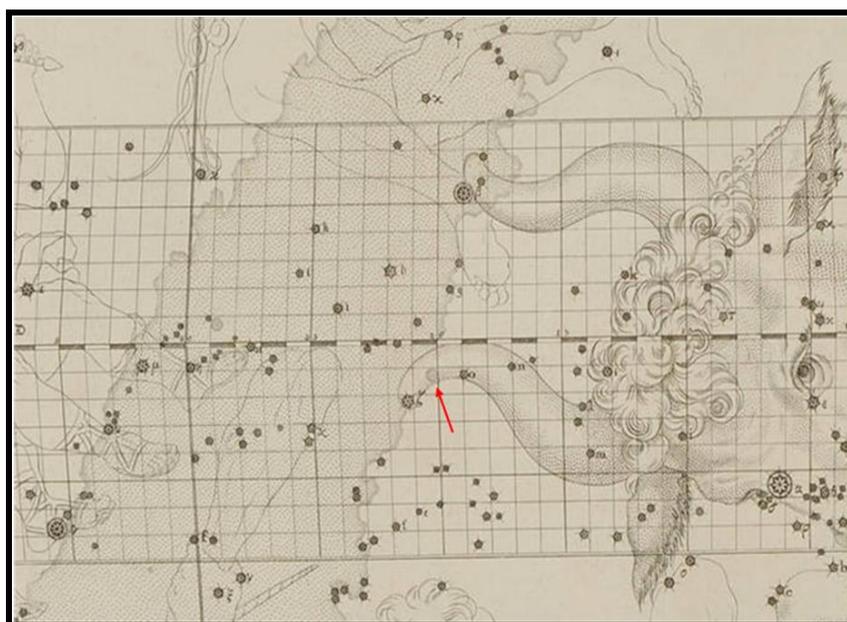


Figura 70: A nebulosa do Caranguejo

⁹¹ Para mais informações sobre essa obra, ver Kilburn, Pasachoff & Gingerich (2003).

Embora o céu do hemisfério norte estivesse repleto de constelações, o do sul ainda apresentava algumas lacunas. Coube ao astrônomo francês Nicolas Louis de Lacaille (1713-1762) preenchê-las, quando viajou para a África do Sul, na metade do século XVIII. Lacaille observou o céu do hemisfério sul entre agosto de 1751 e julho de 1752, catalogando quase 9.800 estrelas (Ridpath, 1988; Kanas, 2007) e estabelecendo 14 novas constelações (figura 71): Buril, Bússola, Compasso, Escultor, Esquadro, Forno, Máquina Pneumática, Mesa, Microscópio, Oitante, Pintor, Relógio, Retículo e Telescópio – todas nomeadas em homenagem às artes e às ciências⁹². Retornando à França, Lacaille enviou um relatório preliminar à Academia Real de Ciências, e *Planisphere contenant les Constellations Celestes* (1756) foi rápido e completamente aceito, sendo reproduzido pelos cartógrafos seguintes. A edição completa de seu catálogo foi publicada com o nome de *Coelum australe stelliferum* (1763), onde Lacaille divide a gigantesca constelação do Navio em Quilha, Popa e Vela. Lacaille também foi responsável pela publicação de *Sur les étoiles nébuleuses du Ciel Austral* (1755) – o primeiro catálogo exclusivamente de nebulosas austrais, com 42 objetos.

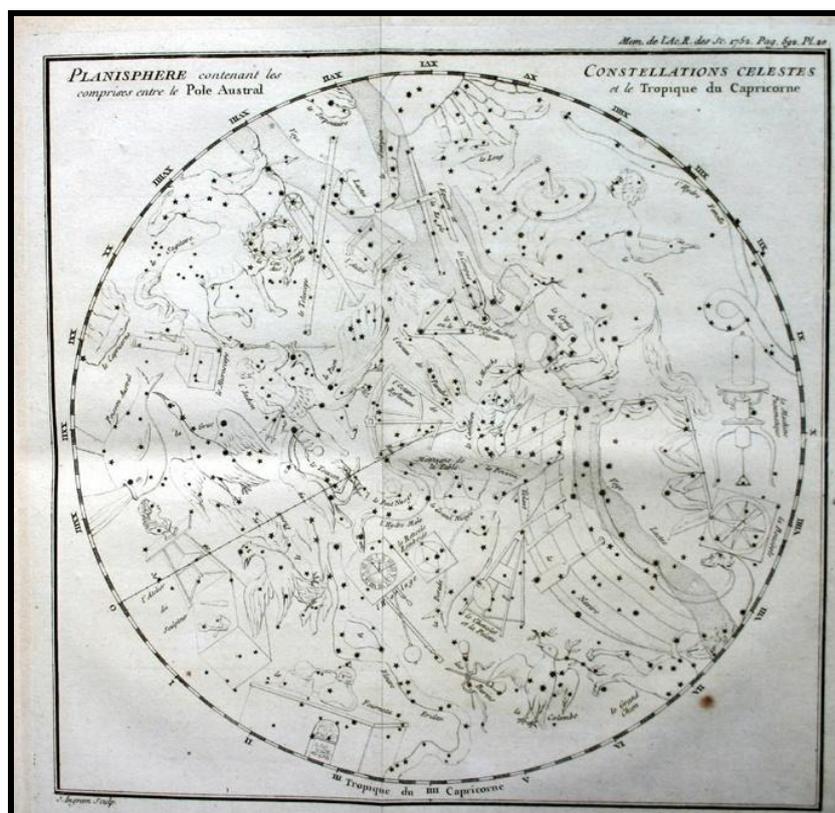


Figura 71: Hemisfério celeste sul, em Lacaille

⁹² É curioso observar como a escolha de nomes é modulada pela cultura de cada época. Agora – em pleno Iluminismo – não se fala mais em personagens míticos, mas em instrumentos artísticos e científicos, ou seja, o céu reflete o imaginário que povoa nossa mente.

O primeiro a representar a constelação do Navio dividida em 3 foi o cartógrafo francês Robert de Vaugondy (1723-1786), em *Uranographie* (1764) – 2 hemisférios com coordenadas equatoriais e ponto de vista externo. Nessa obra Vaugondy também parece ter sido o primeiro a introduzir limites entre as constelações – uma inovação oportuna, considerando a diversidade na nomenclatura das estrelas (principalmente as austrais) e a confusão que isso promovia entre os cartógrafos. Embora os traçados fossem inteiramente arbitrários, esses limites serviam como verdadeiras fronteiras, delimitando os domínios de uma constelação (não há ambiguidade no que está dentro e no que está fora dela) e evitando a superposição de uma constelação por outra (figura 72).

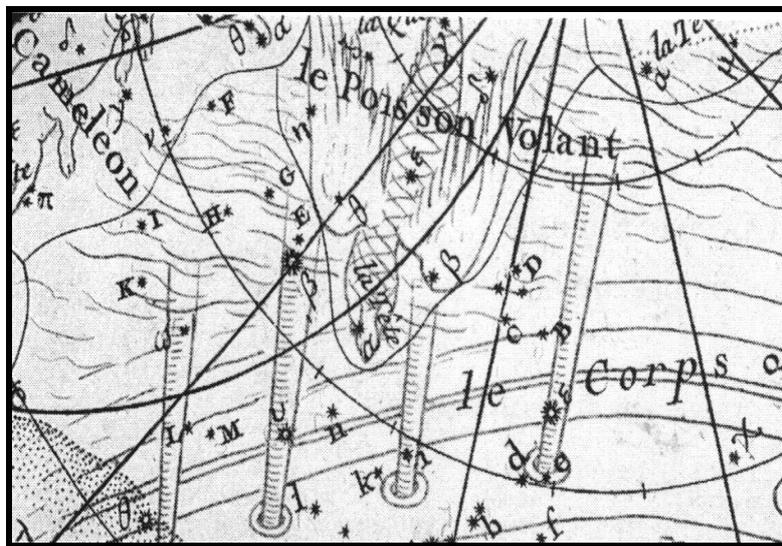


Figura 72: Quilha, em Vaugondy

O atlas de Flamsteed foi amplamente usado por décadas, mas suas grandes dimensões acabaram tornando-o um objeto de difícil manuseio. Em *Atlas Céleste* (1776), elaborado pelo engenheiro francês Jean Fortin (1750-1831), as gravuras de Flamsteed foram reduzidas a 1/3 de seu tamanho original. Foram mantidas as coordenadas equatoriais e o ponto de vista interno – embora Fortin tenha representado a Via Láctea (figuras 73 e 74). O atlas era composto de 30 cartas: 26 com as principais constelações vistas de Greenwich (sendo uma nova mostrando a constelação do Corvo e a parte traseira da Hidra Fêmea – não presente no original de Flamsteed), 2 hemisférios celestes (feitos pelo astrônomo francês Pierre-Charles Le Monnier), um mapa com as estrelas e constelações austrais conforme delineadas por Lacaille e outro mostrando o alinhamento das principais estrelas visíveis do hemisfério norte⁹³ (figura 75).

⁹³ Esse último mapa também foi reproduzido nas versões subsequentes do atlas de Flamsteed.

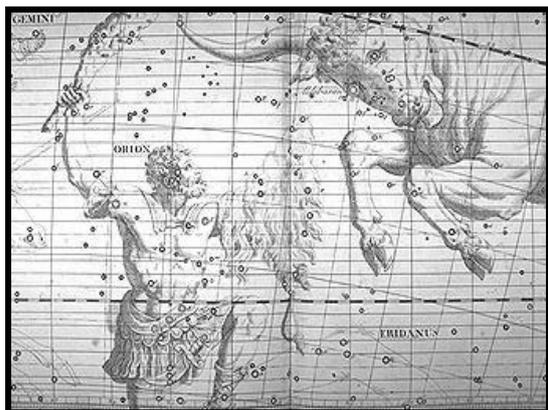


Figura 73: Órion e Touro, em Flamsteed

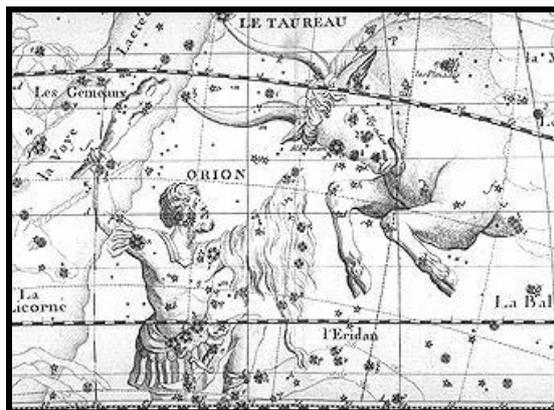


Figura 74: Órion e Touro, em Fortin

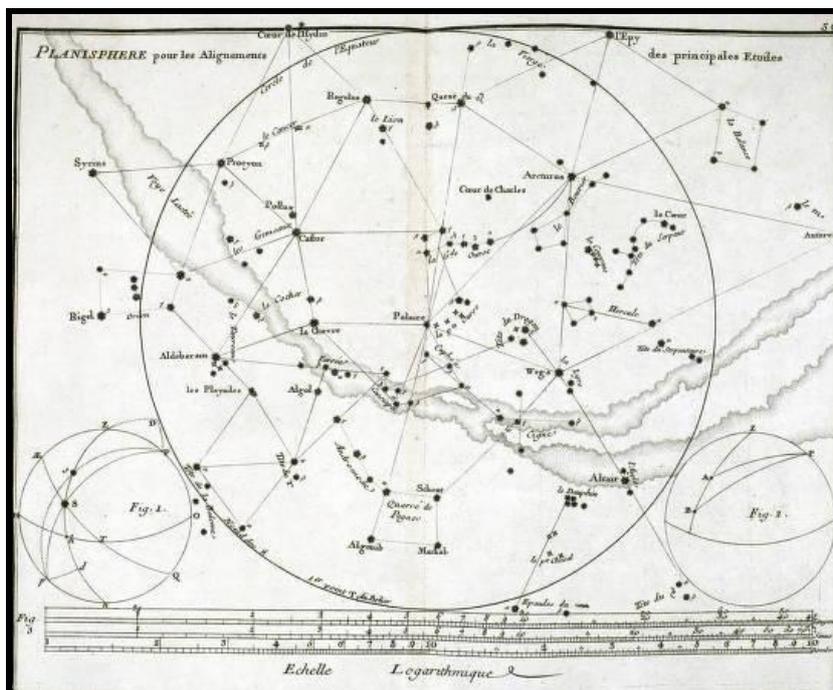


Figura 75: Principais estrelas visíveis do hemisfério norte, em Fortin

A terceira edição do atlas de Flamsteed (a segunda francesa) foi feita em 1795 pelo astrônomo francês Joseph Lalande (1732-1807), que modifica a edição de Fortin, introduzindo mais constelações (figuras 76 e 77) e o número de Flamsteed⁹⁴. A edição de Lalande contém a maioria das nebulosas compiladas por seu conterrâneo, o astrônomo Charles Messier⁹⁵ (1730-1817) – que usou a edição de Fortin para localizar algumas delas, além de ilustrar a trajetória do cometa de 1779 (figuras 78 e 79).

⁹⁴ Sistema no qual as estrelas de uma constelação são ordenadas de acordo com sua ascensão reta – independente da classificação de Bayer. Introduzido por Lalande em *Éphémérides des mouvemens célestes* (1783) – sua versão do catálogo de Flamsteed, estes números não aparecem no catálogo original.

⁹⁵ O *Catalogue des Nébuleuses et des amas d'Étoiles* – ou simplesmente catálogo Messier – é o mais famoso catálogo do gênero, composto por 110 objetos entre aglomerados estelares, nebulosas e galáxias. Para mais informações sobre a história desse catálogo, ver Messier (1781), Frommert & Kronberg (2011).

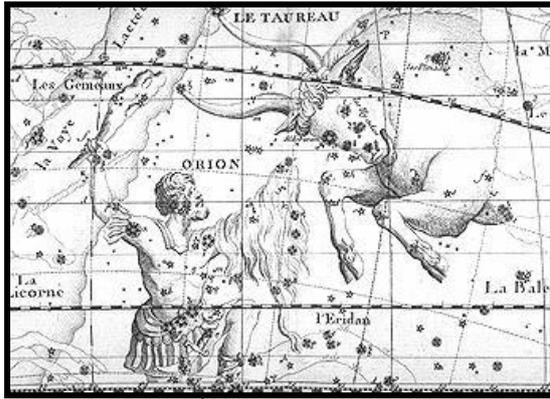


Figura 76: Órion e Touro, em Fortin

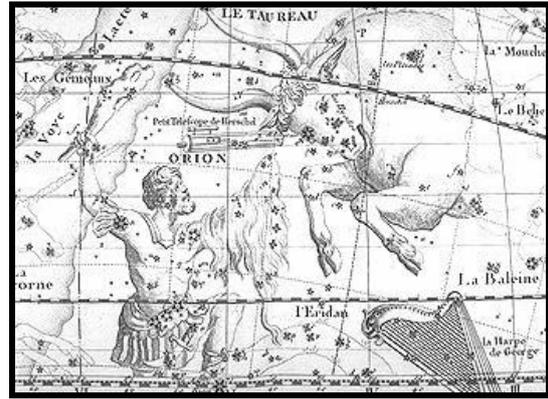


Figura 77: Órion e Touro, em Lalande

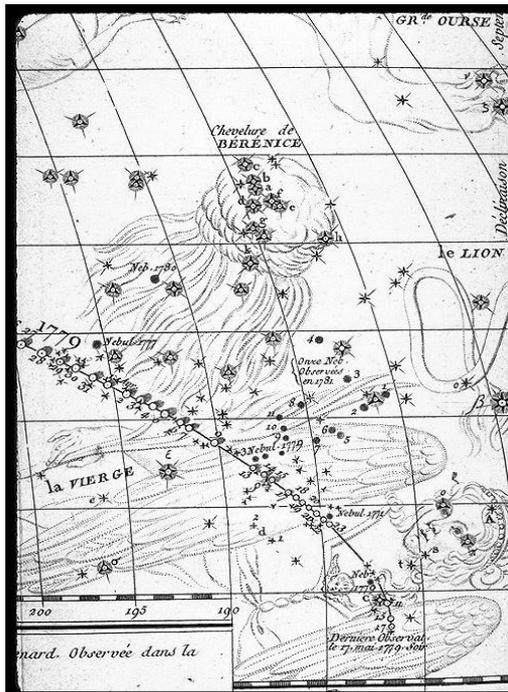


Figura 78: cometa e nebulosas, em Messier

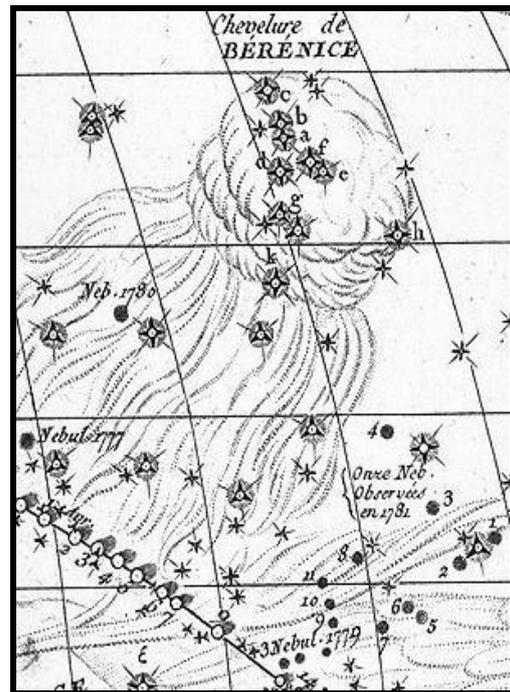


Figura 79: detalhe da Figura 78

Talvez a mais interessante versão do atlas de Flamsteed tenha vindo da Alemanha: *Vorstellung der Gestirne* (1782) – também conhecido como atlas de Bode/Flamsteed⁹⁶, foi produzido pelo astrônomo alemão Johann Elert Bode (1747-1826). O atlas é composto de 34 gravuras – das quais 26 mostram as principais constelações vistas de Berlim, todas valorizando as coordenadas equatoriais e o ponto de vista interno. Como era de se esperar, as figuras das constelações lembram aquelas encontradas nos atlas de Flamsteed e Fortin (figura 80), porém com mais estrelas. Bode também seguiu a idéia de Vaugondy e utilizou fronteiras para delimitar as constelações.

⁹⁶ O *debut* de Bode na cartografia celeste ocorreu em 1768, quando publicou uma série pioneira de mapas mostrando como o céu noturno mudava mensalmente; este trabalho também apresentava a “lei de Titius-Bode”, proposta pelo astrônomo alemão Johann Titius (1729-1796) em 1766, a qual consiste numa fórmula que descreve as distâncias relativas dos planetas conhecidos até então, até o Sol.

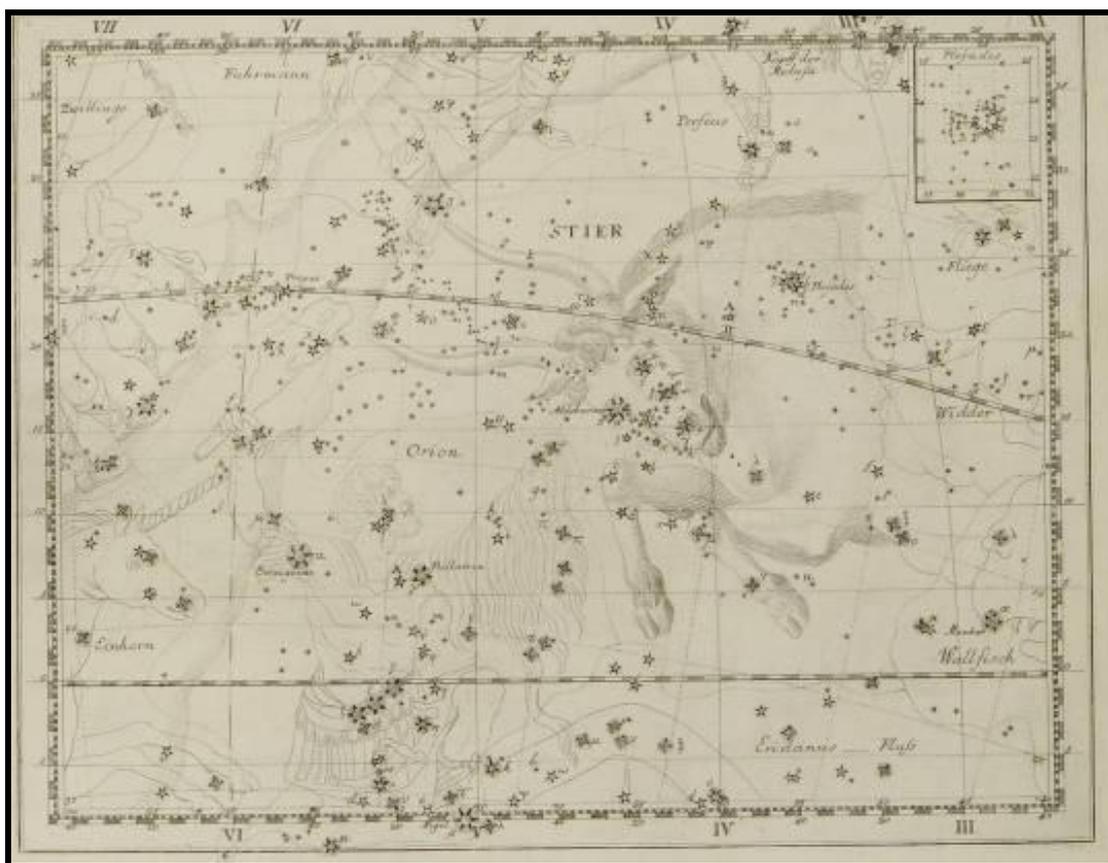


Figura 80: Órion e Touro, em Bode/Flamsteed

A *Uranographia* de Bode

Embora sua versão do atlas de Flamsteed tenha inspirado outros atlas⁹⁷, Bode normalmente é lembrado por outra obra, *Uranographia* (1801), quarto e último dos Grandes Atlas, um grande marco na história da cartografia celeste. O maior atlas celeste já produzido⁹⁸ (Ashworth, 1997) tinha 20 gravuras impressas sobre placas de cobre, onde foram utilizadas coordenadas equatoriais e ponto de vista interno, além de mantidas as fronteiras entre as constelações (figura 81). No total foram catalogadas 17.240 estrelas (Kanas, 2007) – todas as visíveis a olho nu e outras mais fracas (até a 8ª magnitude), distribuídas em mais de 100 constelações⁹⁹ – algumas inclusive pela primeira vez num atlas, como Gato e Globo Aerostático (ambas sugeridas por Lalande), Barquilha, Máquina Elétrica e Oficina Tipográfica (as 3 inventadas pelo próprio Bode); outras constelações em desuso podem ser vistas no Apêndice D.

⁹⁷ Para mais informações sobre a influência de Bode na cartografia, ver Ashworth (1997) e Kanas (2007).

⁹⁸ Dimensões, número de constelações, estrelas e nebulosas retratadas.

⁹⁹ Embora não sejam constelações, *Nubecula Minor* e *Nubecula Major* – as Nuvens de Magalhães – também estão incluídas na lista. Para mais informações, ver Ridpath (1988).

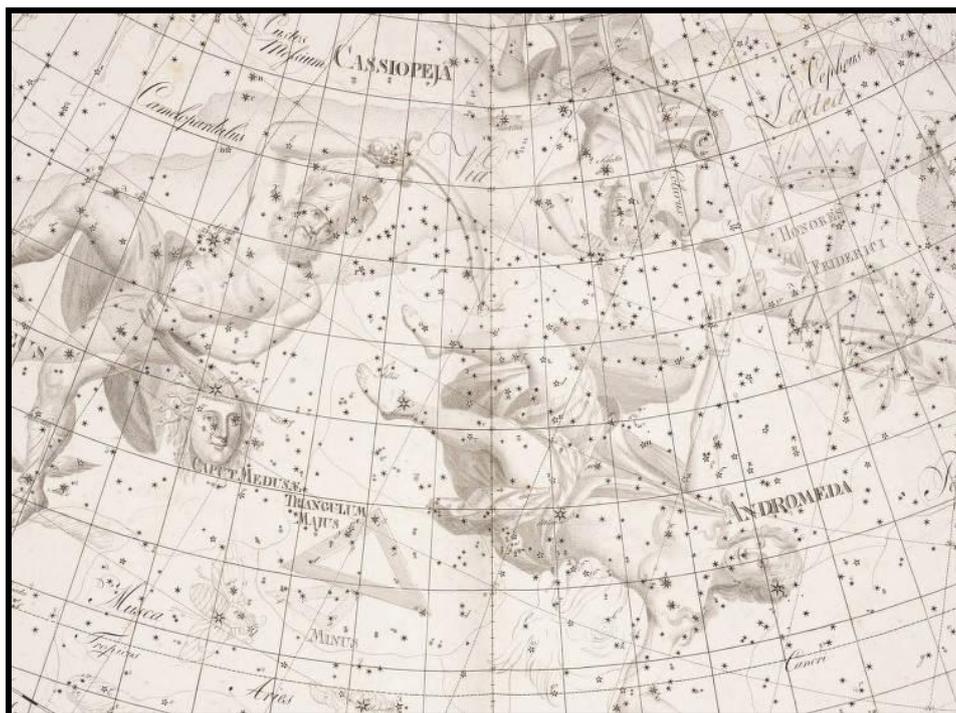


Figura 81: Perseu, Andrômeda e Cassiopéia, em Bode

Outro aspecto da *Uranographia* que chama a atenção é sua preocupação em retratar as novidades da astronomia sideral (ou seja, dos objetos além do sistema solar): Bode registrou todos os objetos observados, classificados e catalogados pelos poderosos refletores de William Herschel¹⁰⁰ (1738-1822) no final do século XVIII – conseqüentemente surgem símbolos diferentes para aglomerados estelares, nebulosas e estrelas duplas (figura 82).

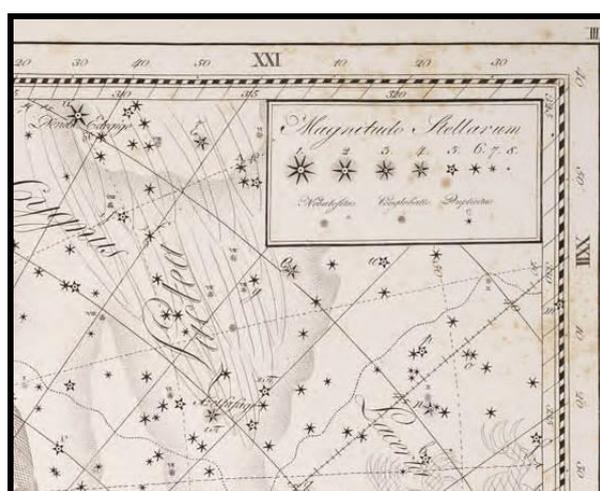


Figura 82: legenda de *Uranographia* (1801)

¹⁰⁰ A literatura sobre a vida e a obra de William Herschel é muito vasta e dela deixamos apenas algumas sugestões: Holden (1881), Clerke (1895), Dreyer (1912), Hoskin (1963) e Crowe (1994). Para mais informações sobre seus catálogos (estrelas duplas e nebulosas), ver Herschel (1782, 1786, 1789, 1802).

Foi Bode quem propôs o nome “Urano” para o planeta descoberto por Herschel em março de 1781, e mostrou que este novo membro do sistema solar já havia sido observado em outras ocasiões – entre elas por Flamsteed em dezembro de 1690 (figura 83) e por Tobias Mayer em setembro de 1756 (figura 84).

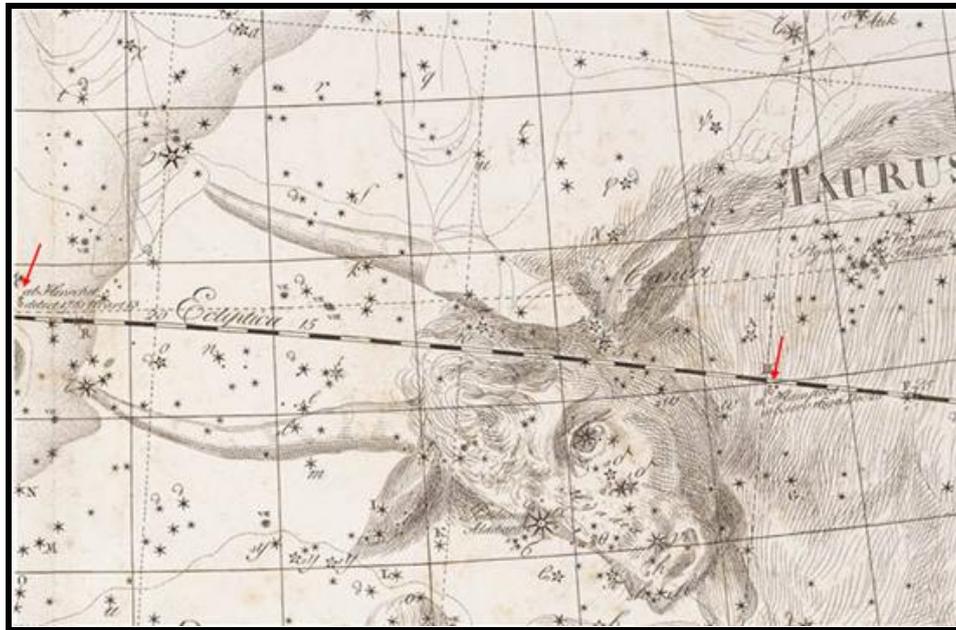


Figura 83: Urano visto por Flamsteed (direita) e Herschel (esquerda), em Bode

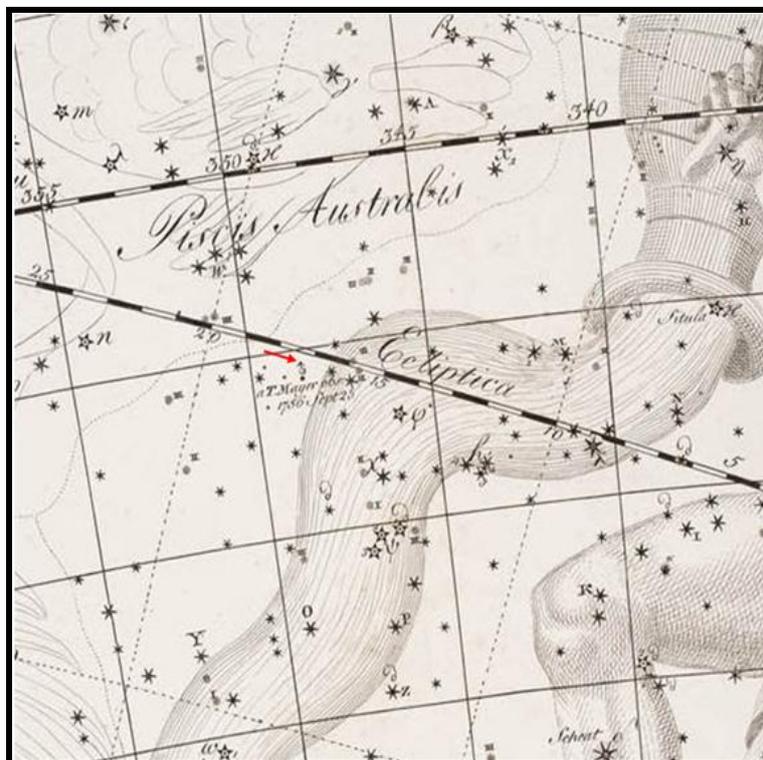


Figura 84: Urano visto por Tobias Mayer, em Bode

Atlas populares e profissionais¹⁰¹

A *Uranographia* de Bode foi o ápice de uma época notável na cartografia celeste, e embora tenha conseguido harmonizar conhecimento científico e perfeição dos traços, o atlas de Bode tornou-se o maior exemplo do dilema vivido pelos cartógrafos no começo do século XIX: de um lado o apego às tradicionais figuras das constelações, do outro a necessidade de se atualizar as cartas com as descobertas mais recentes – já que o uso de telescópios cada vez mais potentes fez com que o número de objetos crescesse drasticamente¹⁰². Depois de *Uranographia* surgiram basicamente duas categorias de atlas celestes: os populares – bem ilustrados e representando apenas as estrelas mais brilhantes, e os profissionais – onde os cartógrafos diminuíram a ênfase nas fantasiosas (e fisicamente sem sentido) figuras das constelações, e concentraram-se mais na precisão (medida exata da posição e magnitude desses astros) e na completude (inclusão de todos os astros observados)¹⁰³.

Os atlas populares

Um bom exemplo desta primeira categoria seguia o estilo de *Vorstellung der Gestirne* – um trabalho intitulado *A Celestial Atlas* (1822), feito pelo professor e escritor inglês Alexander Jamieson (1782–1850). Este atlas¹⁰⁴ contém um catálogo de estrelas e constelações e 30 cartas coloridas à mão logo na primeira edição (figura 85) – uma raridade à época¹⁰⁵, onde 28 delas utilizam coordenadas equatoriais e ponto de vista interno (26 cartas onde estão representadas as constelações mais 2 hemisférios); as duas gravuras restantes mostram as principais estrelas vistas da Grã-Bretanha e diagramas da Lua e dos planetas¹⁰⁶. Jamieson introduziu uma nova constelação: *Noctua* (Coruja),

¹⁰¹ A Europa oitocentista já começa a distinguir entre astrônomos profissionais (devotados principalmente à busca de novos conhecimentos) e amadores (cujas observações eram feitas por lazer e/ou curiosidade).

¹⁰² Para se ter uma idéia: no mesmo ano em que Bode lançava *Uranographia* – cujo catálogo continha 17.240 estrelas, Lalande publicava sua *Histoire Céleste Française*, com 47.390 estrelas até a 9ª magnitude.

¹⁰³ Se por um lado o telescópio aumentou a precisão dos catálogos, de outro ampliou nosso conhecimento do universo, revelando-nos novos astros. Essa extensão do poder perceptivo do nosso olho tornou nosso *Umwelt* (“Universo subjetivo”) mais refinado, permitindo-nos perceber uma complexidade maior na realidade. Para mais informações sobre o conceito de *Umwelt*, ver Vieira (1993).

¹⁰⁴ Para mais informações, ver Ridpath (2013).

¹⁰⁵ Até o surgimento da litografia em 1796 – uma nova técnica de impressão onde o desenho é feito com um lápis sobre uma pedra calcária – as imagens eram impressas em preto e branco e coloridas à mão.

¹⁰⁶ Fases da Lua e de Vênus, distâncias relativas dos satélites de Júpiter e Saturno etc.

além daquelas desenvolvidas por Bode e constantes em *Uranographia* (Gato, Glórias de Frederico, Globo Aerostático, Máquina Elétrica, Oficina Tipográfica).

Outro trabalho inspirado em *Vorstellung der Gestirne* de Bode – via Jamieson – foi um conjunto de 32 cartões coloridos à mão, publicados em Londres por Samuel Leigh & Co. e conhecidos coletivamente como *Urania's Mirror* (1825). Cada cartão representava uma constelação principal e algumas estrelas adjacentes – separadas por fronteiras (figura 86), num total de 80 constelações (Kanas, 2007). Embora não houvesse um sistema de coordenadas, a direção norte era indicada por uma seta, e foram dados nomes às estrelas mais brilhantes. Cada cartão apresentava pequenos orifícios nas estrelas mais brilhantes da constelação principal e, se posto contra a luz permitia que o observador simulasse o céu noturno e se familiarizasse com as figuras das constelações. O nome do gravador, Sidney Hall, aparece no canto de cada cartão, embora a verdadeira autoria dos cartões ainda permaneça um mistério¹⁰⁷.

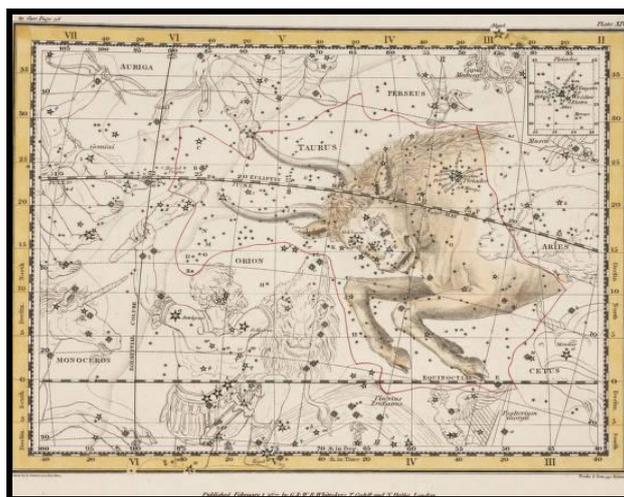


Figura 85: Touro, em Jamieson



Figura 86: Touro, em Urania's Mirror

¹⁰⁷ Para mais informações, ver Hingley (1994).

Os *joining-the-dots*

Uma vertente popular que também fez muito sucesso foi a dos *joining-the-dots* (Auerbach, 2003), alternativa não pictórica onde as constelações são representadas apenas ligando-se as estrelas mais brilhantes através de linhas, formando figuras geométricas como triângulos, quadrados etc. O mais antigo mapa a propor esse sistema “geométrico” parece ter sido *Nouvelle Uranographie* (1786), do francês Alexandre Ruelle (c.1756-????) – assistente no Observatório de Paris que publicou um mapa com 2 hemisférios e uma projeção de Mercator da região equatorial, onde estão assinaladas as principais estrelas até a 4ª magnitude, além de algumas nebulosas (figura 87). Outros bons exemplos do estilo são *Uranographie ou Traité Élémentaire D’Astronomie* (1812) de Louis-Benjamin Francoeur (1773-1849), onde os *joining-the-dots* estão superpostos aos desenhos das constelações (figura 88) e a *Uranographie* (1831), do astrônomo francês Charles Dien (1809-1870) – que ampliou a obra de Ruelle até a 5ª magnitude – com direito a símbolo para as magnitudes intermediárias (figura 89).

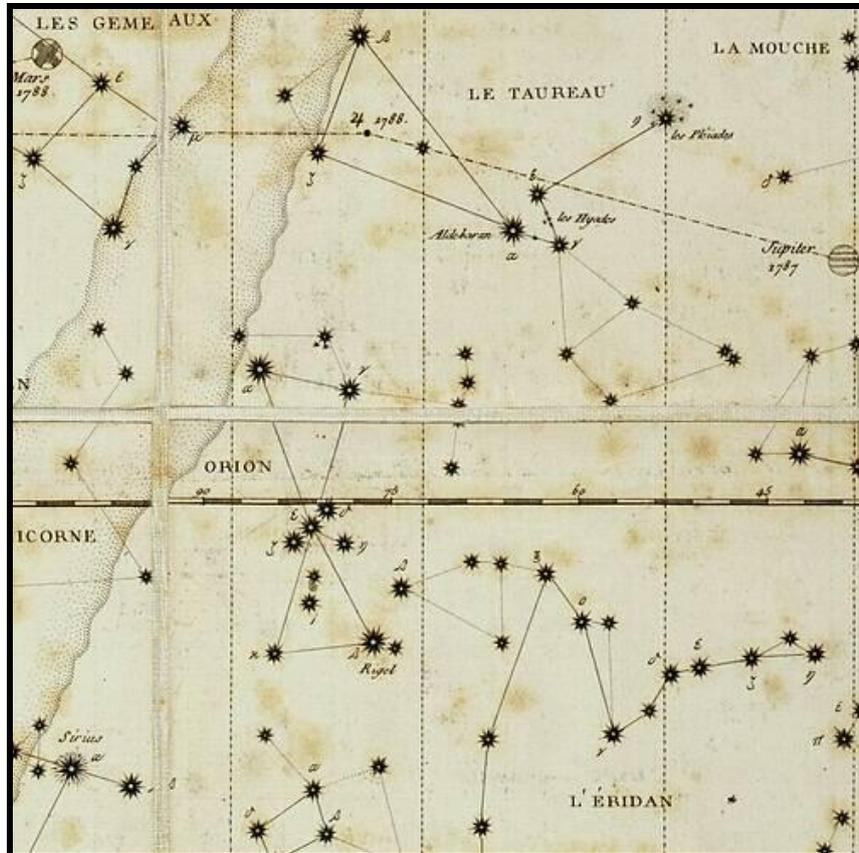


Figura 87: Órion e Touro, em Ruelle

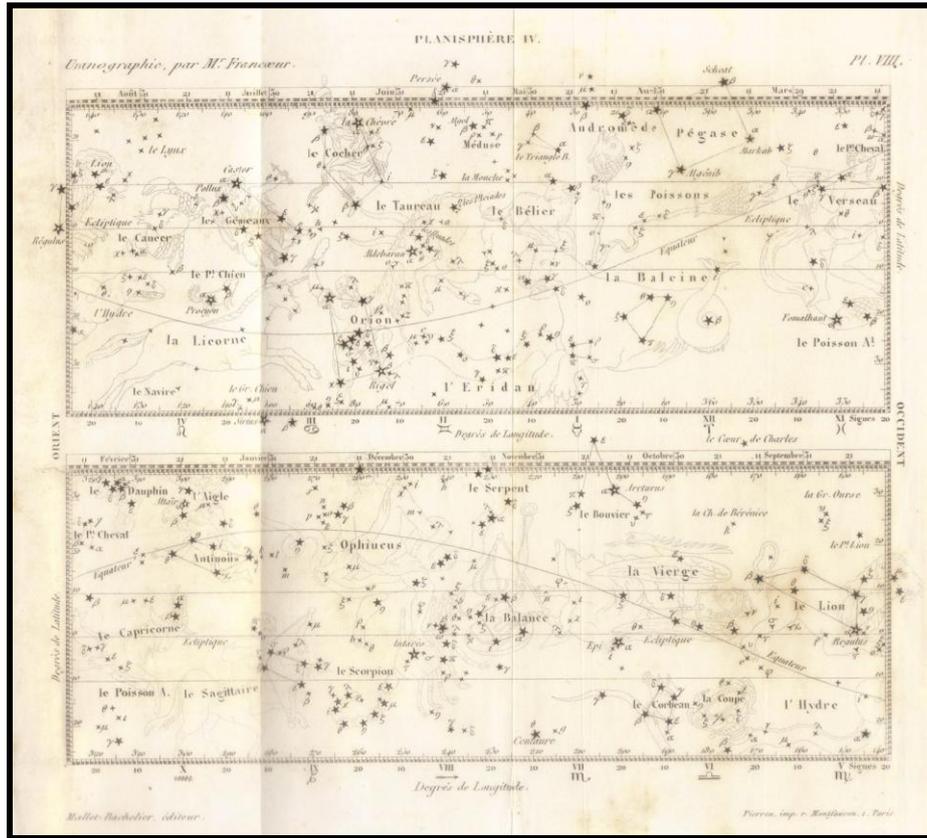


Figura 88: Órion e Touro, em Francoeur

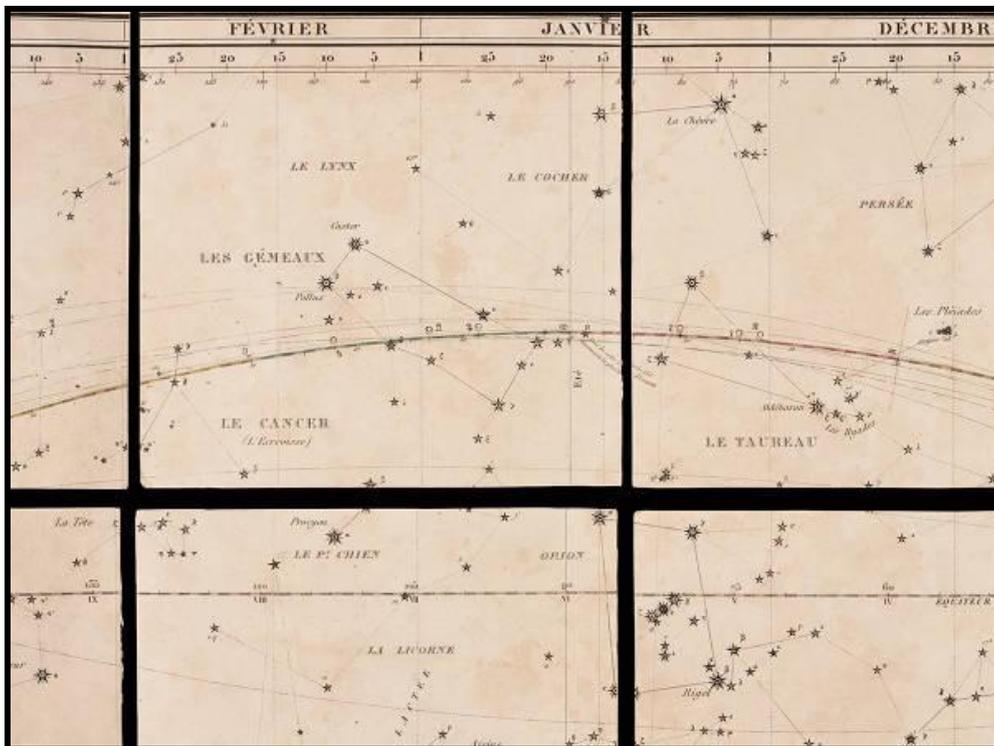


Figura 89: Órion e Touro, em Dien

Dien conseguiu manter seu nome vivo na cartografia graças a *Atlas Celeste* (1865), obra feita em parceria com o astrônomo francês Camille Flammarion (1842-1925). Diferente das “poucas” estrelas visíveis a olho nu de sua *Uranographie*, nessa obra Dien localiza mais de 100.000 delas, além de diversas nebulosas (figura 90). As 26 gravuras apresentam coordenadas equatoriais e ponto de vista interno, mas enquanto em 24 delas coexistem os *joining-the-dots* e as fronteiras (com estrelas até a 9ª magnitude), os hemisférios norte e sul revelam uma interessante combinação entre a representação pictórica e os *joining-the-dots* – embora reservados aos asterismos mais conspícuos.



Figura 90: Touro, em Dien/Flammarion

Os atlas profissionais

Na contramão do saudosismo popular, alguns atlas começaram a se tornar mais técnicos, acreditando que as imagens atrapalhavam o posicionamento das estrelas mais fracas e a visualização de alguns detalhes. Evitando as figuras das constelações, esses cartógrafos investiram em figuras com traços mais suaves, deixando claro que em seus mapas a precisão sobrepujaria a estética. Bom exemplo de atlas semi-profissional é *Atlas des gestirnten Himmels* (1839), do astrônomo e matemático austríaco Joseph Johann von Littrow (1781-1840), em que foram empregados traços bem leves para as figuras das constelações (figura 91).

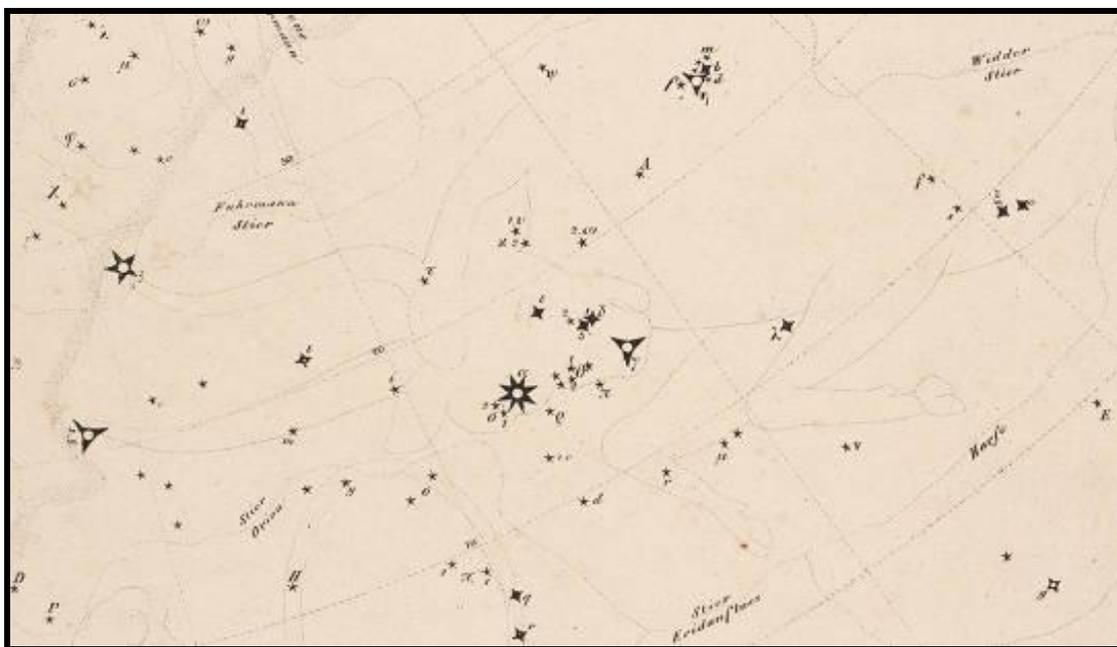


Figura 91: Touro, em Littrow

A **astrometria** moderna deu seus primeiros passos com o astrônomo e matemático alemão Friedrich Wilhelm Bessel (1784-1846) que, além de realizar a primeira medida bem sucedida de uma **paralaxe estelar**¹⁰⁸, identificou as vantagens de uma catalogação e mapeamento mais precisos do céu – que aumentou consideravelmente o número de **asteróides**¹⁰⁹ detectados e levou à descoberta do

¹⁰⁸ Da estrela 61 Cygni, em 1838, utilizando o heliômetro instalado no Observatório de Königsberg. Bessel também lançou a hipótese de Sírius e Prócion possuírem estrelas satélites invisíveis ao seu redor.

¹⁰⁹ O termo “asteróide” foi cunhado por William Herschel, e Ceres – o primeiro identificado – foi descoberto acidentalmente pelo padre italiano Giuseppe Piazzi (1746-1826) em 01 de janeiro de 1801. Para mais informações sobre o projeto cartográfico internacional de Bessel, ver Staubermann (2006).

planeta Netuno¹¹⁰. Seu assistente, o astrônomo alemão Friedrich Wilhelm August Argelander (1799-1875), foi um dos mais renomados estudiosos das estrelas variáveis¹¹¹ e considerado o maior expoente da cartografia celeste do século XIX. Seu primeiro trabalho de relevância foi *Neue Uranometrie* (1843), obra composta por 17 gravuras com 3.256 estrelas visíveis até a 6ª magnitude. As cartas apresentavam as constelações inspiradas em Bayer (figuras 92 e 93), desenhadas bem suavemente e separadas por fronteiras. Argelander tinha símbolos diferentes para aglomerados estelares e nebulosas, enquanto as estrelas variáveis apresentavam a inscrição *variab* (figura 94). Ao mesmo tempo em que foi um dos últimos atlas a apresentar as figuras das constelações, *Neue Uranometrie* inaugurou uma nova era de precisão dentro da cartografia, onde a informação astronômica (posição e magnitude dos astros) ganhou mais importância do que a representação artística.

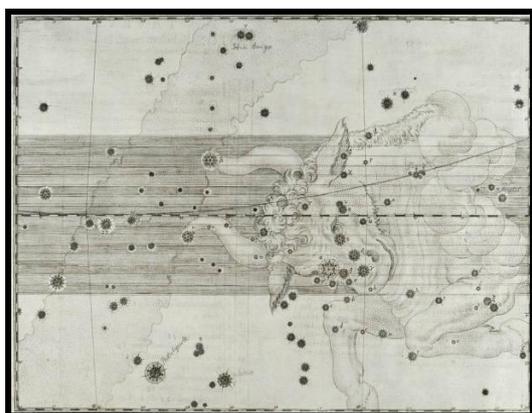


Figura 92: Touro, em Bayer



Figura 93: Touro, em Argelander

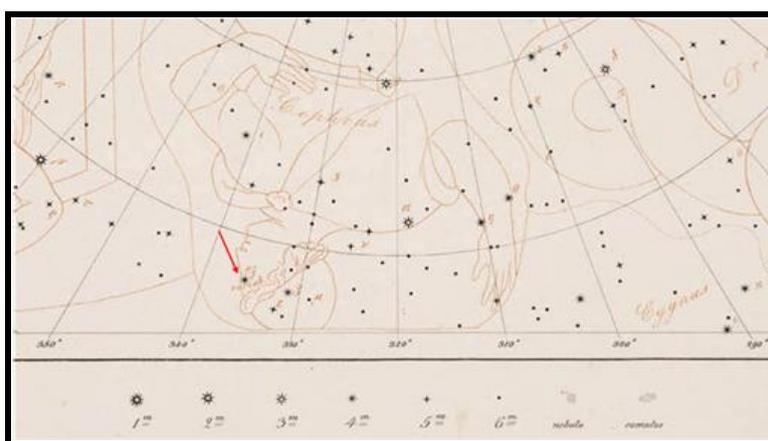


Figura 94: A estrela delta Cephei, em Argelander

¹¹⁰ Para mais informações sobre a polêmica “descoberta” de Netuno, ver Kollerstrom (2001, 2006).

¹¹¹ A ele devemos a atual convenção na designação das estrelas variáveis. Para mais informações, ver Batten (1991) e Chapman (1999).

Outra notável contribuição de Argelander foi *Bonner Durchmusterung* (BD), um catálogo com 324.198 estrelas até a 9ª magnitude (Chapman, 1999), fruto de um levantamento empreendido por ele e seus assistentes entre 1852-1859. O objetivo dessa inspeção era obter posição e magnitude visual para todas as estrelas visíveis pelo telescópio refrator de 78 mm do observatório de Bonn, que estivessem localizadas entre o pólo celeste norte e a declinação 2° sul¹¹². As estrelas foram numeradas e designadas por zonas de declinação (p. ex., a estrela Vega é catalogada como BD +38° 3238). Acompanhando este catálogo vinha um conjunto de 37 cartas intitulado *Atlas des Nördlichen Gestirnten Himmels* (1863), um atlas que não lembrava em nada seus antecessores, onde as estrelas eram representadas por pontos que diferiam apenas em tamanho (de acordo com suas magnitudes), e uma completa renovação na forma de representar as constelações: não há figuras, fronteiras, linhas ou legendas – nem mesmo as principais estrelas receberam nomes (figura 95).

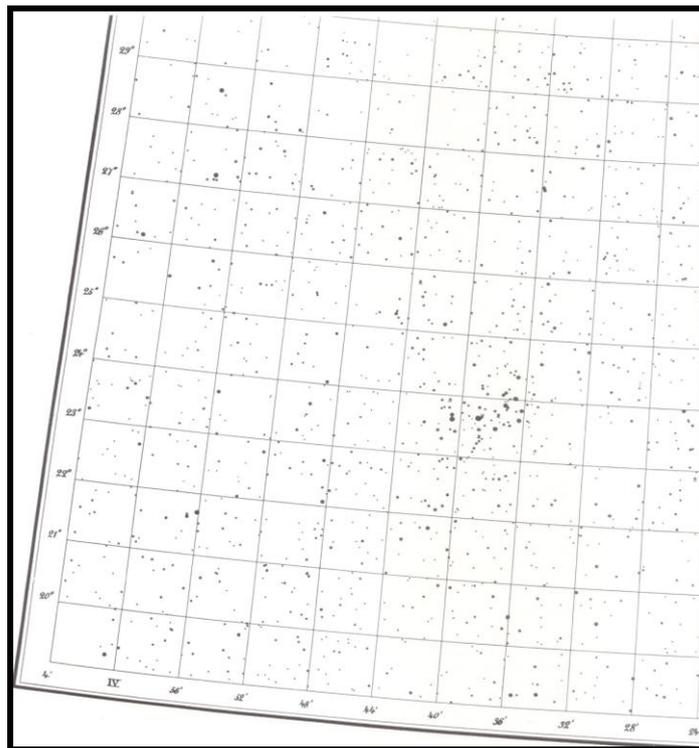


Figura 95: Plêiades, em *Bonner Durchmusterung*

¹¹² Posteriormente, o sucessor de Argelander como diretor do Observatório de Bonn, Eduard Schönfeld (1828-1991), estendeu esse levantamento até a declinação 23° sul, com a adição de 133.659 estrelas no chamado *Südliche Bonner Durchmusterung* (1886). Mais tarde este trabalho foi estendido até o pólo celeste sul usando observações do Observatório de Córdoba (Argentina), feitas por John. M. Thome (1843-1908) e publicado em *Resultados del Observatorio Nacional Argentino* entre 1892 e 1932 no chamado *Cordoba Durchmusterung*, onde foram adicionadas 613.953 estrelas até a 10ª magnitude. Junto com o BD, esses foram os mais completos catálogos estelares da era pré-fotográfica.

A extensão austral da *Neue Uranometrie* de Argelander foi a *Uranometria Argentina*¹¹³ (1877), fruto do metucioso trabalho de observação do astrônomo norte-americano Benjamin Gould (1824-1896) e seus assistentes. Instalado num Observatório em Córdoba (Argentina), Gould registrou a posição de 7.755 estrelas até a 7^a magnitude – desde o pólo celeste sul até declinação 10° norte (Paolantonio, 2010). Suas 13 cartas utilizavam coordenadas equatoriais e ponto de vista interno, e como se tratava de um levantamento austral o sul estava orientado para cima nos mapas (figura 96) – fato incomum na cartografia. Cada constelação tinha seu nome escrito com letras maiúsculas em latim, e as estrelas mais brilhantes eram reconhecidas com as letras gregas de Bayer. As cartas não apresentavam figuras ou linhas ligando as estrelas, apenas fronteiras. Gould demarcou os limites de 66 constelações, e os critérios subjetivos outrora empregados pelos cartógrafos deram lugar a fronteiras formadas por **círculos horários** de ascensão reta e **paralelos** de declinação para a **época**¹¹⁴ 1875.0 – embora em alguns casos fossem empregados linhas oblíquas e segmentos de curva (figuras 97 e 98).

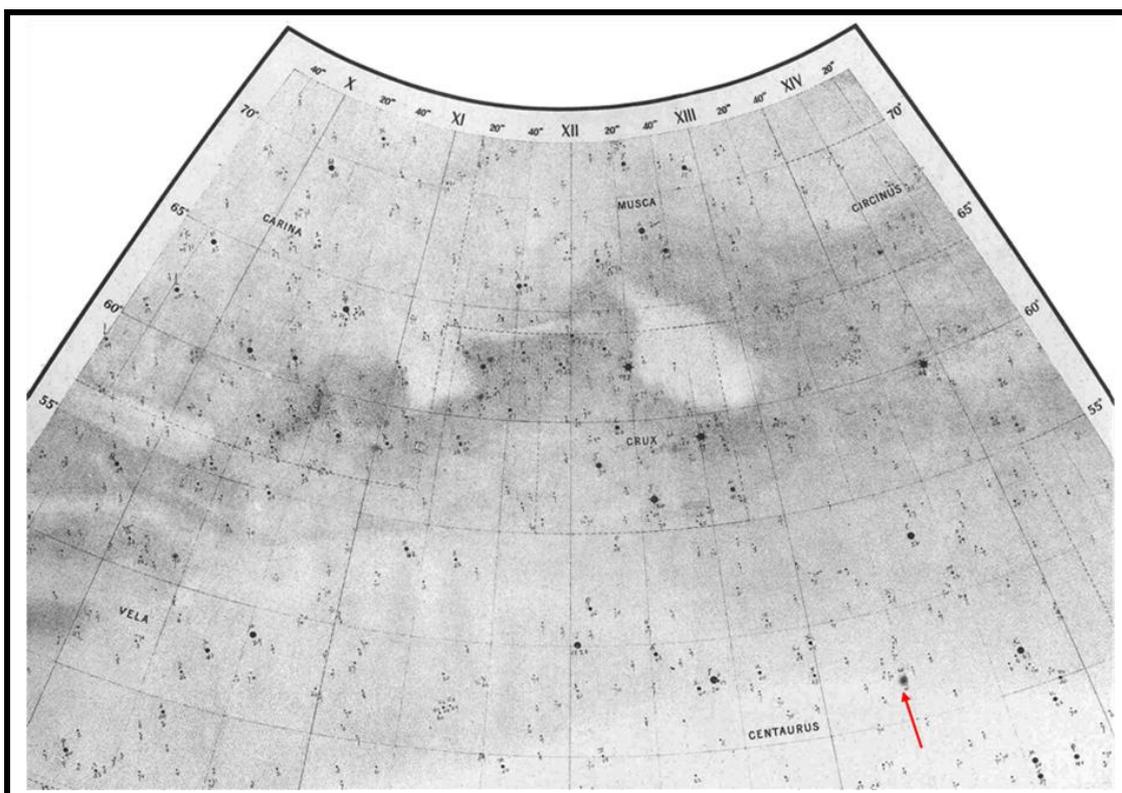


Figura 96: Cruzeiro e omega Centauri, em Gould

¹¹³ Diferentemente dos trabalhos de Schönfeld e Thome (ver nota de rodapé anterior), *Neue Uranometrie* e *Uranometria Argentina* registraram apenas estrelas vistas a olho nu.

¹¹⁴ Sempre que o termo anteceder uma data (como nesse exemplo) será utilizada a acepção do Glossário.

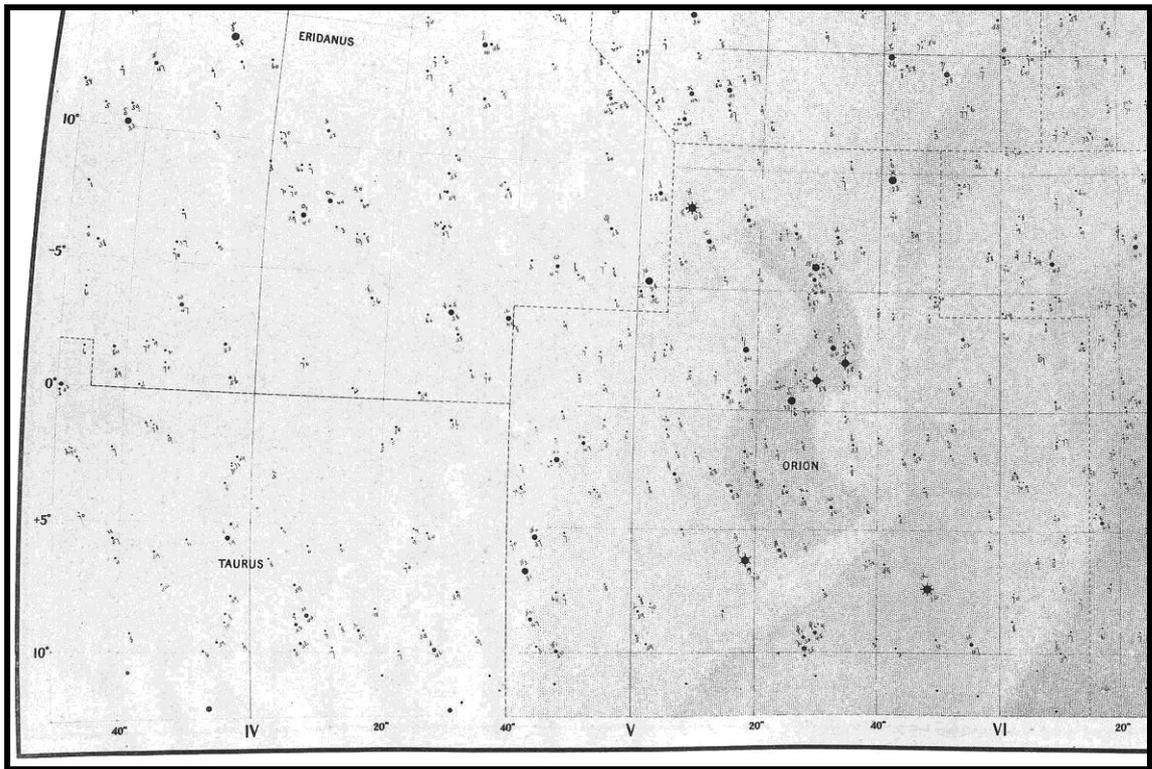


Figura 97: Órion e Touro, em Gould

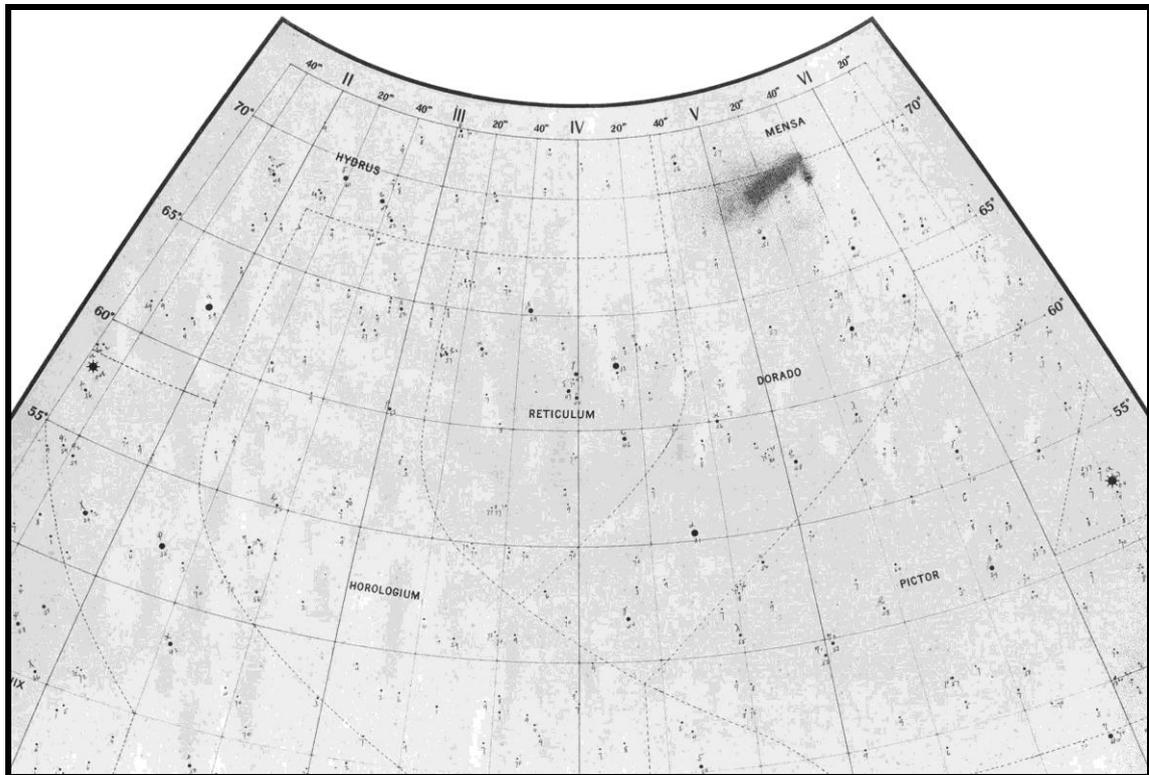


Figura 98: Algumas constelações austrais, em Gould

A era moderna da cartografia celeste

Os trabalhos de Argelander e Gould refletiam uma tendência cartográfica deste fim de século: atlas que focavam na precisão e na completude da informação, evitando as figuras das constelações e todo o conteúdo mitológico/astrológico a elas associado. A obra de Gould também se tornou decisiva quando da adoção de limites oficiais entre as constelações, mas antes é preciso mencionar outros importantes avanços na maneira de utilizar e registrar a luz oriunda dos astros – avanços cujos desenvolvimentos ocorreram ainda no século XIX, e que se tornaram ferramentas essenciais à astronomia e cartografia do século seguinte.

A espectroscopia

Embora no começo a **espectroscopia** ainda fosse uma atividade predominantemente de físicos, separar a luz em diferentes comprimentos de onda abriu uma possibilidade inédita aos astrônomos, pois analisando o **espectro** das estrelas eles puderam deduzir sua natureza química, suas características físicas (temperatura, densidade, massa) e até mesmo sua **velocidade radial** – que ajudava a determinar sua verdadeira velocidade espacial.

Graças aos trabalhos de Robert Bunsen (1811-1899) e Gustav Kirchhoff (1824-1887), em 1859 foi identificada a causa das linhas escuras observadas no espectro solar por Joseph Fraunhofer (1787-1826), e Kirchhoff formulou as três leis empíricas da espectroscopia que levam seu nome. O pioneiro da espectroscopia estelar foi o astrônomo amador inglês William Huggins (1824-1910), que em 1864 confirmou a natureza gasosa de algumas nebulosas ao analisar o espectro de uma **nebulosa planetária**¹¹⁵. Huggins também foi o primeiro a medir a velocidade radial de uma estrela¹¹⁶ (Sírius, em 1868), além de outros feitos notáveis¹¹⁷. Seus trabalhos no campo da espectroscopia lançaram os fundamentos daquilo que viria a se chamar “astrofísica”.

¹¹⁵ H IV 37 – o 37º objeto da categoria IV (nebulosas planetárias) do catálogo de William Herschel – hoje chamado de NGC 6543. Para mais informações, ver Huggins & Miller (1864a, 1864b), Moore (2007).

¹¹⁶ Para mais informações, ver Huggins (1868).

¹¹⁷ Primeiro a registrar o espectro de uma estrela (Vega, em 1876) utilizando uma placa fotográfica seca (até então o colódio – solução de nitrocelulose – utilizado nas placas fotográficas era úmido, limitando o tempo de exposição das fotos) e primeiro a fotografar o espectro da nebulosa de Órion (em 1882). Para mais informações sobre o trabalho de Huggins, ver Maunder (1913) e Becker (1993).

Embora Huggins tenha feito uma investigação apurada dos espectros estelares, o pioneirismo da classificação espectral pertence ao jesuíta italiano Ângelo Secchi (1818-1878) – que por volta de 1866 dividiu as estrelas em 4 tipos espectrais (figura 99), seguido do gigantesco trabalho empreendido por Edward Pickering (1846-1919) e suas assistentes na constituição do *Henry Draper Catalog*¹¹⁸ – onde 10.351 estrelas foram divididas em 16 tipos espectrais (Pickering, 1890). Assim, examinando o espectro das estrelas, a espectroscopia acabou criando uma nova forma de catalogá-las – baseada em suas propriedades química e física, com aplicações que breve se estenderiam também à **cosmologia** (já que a análise do espectro de galáxias distantes permitiu – baseada no **efeito Doppler-Fizeau** – catalogar as mesmas segundo suas velocidades radiais).

A fotografia e os supertelescópios

Associada à espectroscopia estava a fotografia, cujo desenvolvimento como ferramenta científica ocorreu na primeira metade do século XIX – quando ganharam destaque nos círculos astronômicos a foto da Lua feita por John William Draper (1811-1882) em 1840 e a do Sol feita por Léon Foucault (1818-1868) e Hippolyte Fizeau (1819-1896) em 1845. Em seguida vieram a primeira foto de uma estrela (Vega), feita em 1850 por John Adams Whipple (1822-1891) e William Cranch Bond (1789-1859) com o Grande Refrator de Harvard¹¹⁹, a primeira foto do espectro de uma estrela (Vega, em 1872) e a primeira foto da nebulosa de Órion (feita em 1880) – ambas feitas por Henry Draper (1837-1882), filho de John Draper.

A utilidade cartográfica da fotografia foi reconhecida pelo astrônomo escocês David Gill (1834-1914), que no Observatório da Cidade do Cabo (África do Sul) fotografou a passagem de um cometa em 1882 (figura 100), e notou que o registro das estrelas de fundo poderia ser usado para se obter suas coordenadas diretamente das placas. Outra contribuição veio através do engenheiro inglês Andrew Ainslie Common (1841-1903), cujas fotos da nebulosa de Órion de 1883 mostraram que placas fotográficas submetidas a um longo tempo de exposição revelam estrelas fracas demais para serem vistas pelo olho humano (figura 101). Assim, as placas fotográficas

¹¹⁸ Publicado em 9 volumes entre 1918 e 1924 por Annie Jump Cannon (1863-1941), o *Henry Draper Catalog* contém informação sobre a posição, magnitude, movimento próprio e o espectro de 225.300 estrelas até a 9ª magnitude (posteriormente esse catálogo foi estendido para 359.083 estrelas).

¹¹⁹ Este foi um dos grandes refratores cujas lentes foram confeccionadas por Fraunhofer na primeira metade do século XIX. Para mais informações, ver Crowe (1994: 151).

apresentaram duas vantagens decisivas sobre as observações visuais¹²⁰: 1- forneciam um registro objetivo e permanente de imagens e espectros astronômicos – permitindo que a mesma região do céu fosse comparada em diferentes datas (o que possibilitava o estudo de estrelas variáveis, a descoberta de *novae* etc.); 2- tempos de exposição prolongados faziam com que a luz que chega num dado momento somasse sua ação à chegada anteriormente, permitindo o registro de objetos milhares de vezes mais fracos – como as galáxias¹²¹.

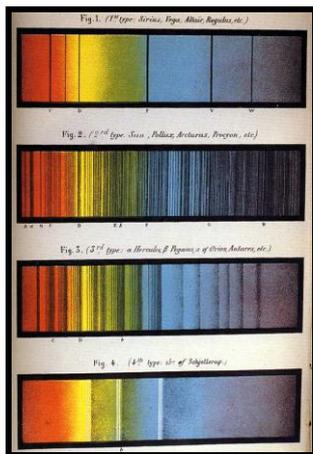


Figura 99: classificação de Secchi

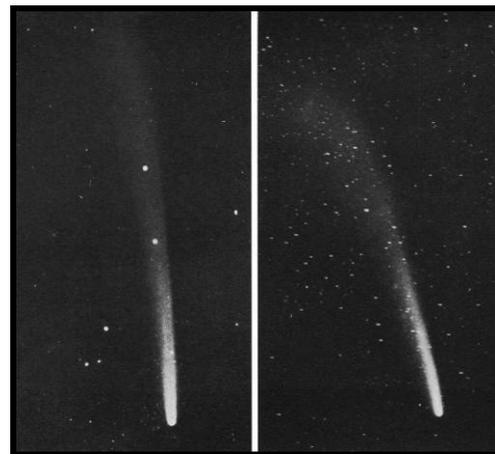


Figura 100: fotos do cometa de 1882, em Gill



Figura 101: nebulosa de Órion, em Common

¹²⁰ A fotografia também permitiu medir mais objetivamente a intensidade de luz vinda de um astro – o que deu origem à fotometria fotográfica, ou seja, medir a magnitude das estrelas através da fotografia.

¹²¹ Além de estrelas a fotografia revelou uma grande quantidade de nebulosas até então desconhecidas. Nessa época surgiu um novo marco na catalogação desse tipo de objeto: o *New General Catalogue of Nebulae and Clusters of Stars* (1888) – mais conhecido como NGC, uma lista com 7.840 nebulosas compiladas pelo astrônomo dinamarquês John Louis Emil Dreyer (1852-1926). Inicialmente Dreyer revisou e ampliou as 5.079 entradas do *General Catalogue of Nebulae and Clusters of Stars* (1864) de John Herschel (1792-1871), adicionando suas observações e a de outros astrônomos. Posteriormente foram publicados 2 suplementos ao NGC: *Index Catalogue* (1895) e *Second Index Catalogue* (1908) – mais conhecidos como IC I e IC II respectivamente – que unidos possuem 5.386 entradas. Juntos à lista de Messier, os catálogos de Dreyer se tornaram referência para astrônomos amadores e profissionais até os dias de hoje. Para mais informações, ver Herschel (1864), Dreyer (1877, 1888, 1895, 1908), Steinicke (2010).

Entusiasmado com a experiência do cometa de 1882, Gill idealiza um extenso atlas fotográfico do hemisfério sul, chamado *Cape Photographic Durchmusterung* (CPD). As fotografias foram tiradas por Gill e as posições das estrelas medidas pelo astrônomo holandês Jacobus Cornelius Kapteyn (1851-1922). O CPD listava a posição de 454.875 estrelas até 10^a magnitude entre as declinações 19° sul e o pólo celeste sul, e foi publicado em 3 extensos volumes entre os anos de 1895 e 1900. As fotografias de Gill chamaram a atenção dos irmãos Paul Henry (1848-1905) e Prosper Henry (1849-1903), que entre 1885-1886 realizaram uma série bem sucedida de fotos dos planetas Júpiter e Saturno, estimulando a criação da *Carte du Ciel* (figura 102) – ambicioso projeto internacional para a obtenção de um atlas fotográfico de todo o céu, levado adiante por Gill e pelo astrônomo francês Amédée Mouchez (1821-1892), sucessor de Le Verrier¹²² como diretor do Observatório de Paris. Em 1887, Mouchez organiza uma reunião em Paris onde foi decidido que 18 observatórios ao redor do mundo participariam do projeto, sendo confeccionados 2 atlas: o primeiro com o objetivo de medir as posições de todas as estrelas até a 11^a magnitude, que resultou num catálogo – o *Astrographic Catalogue*¹²³, e o segundo – utilizando tempos de exposição superiores – pretendia registrar algo em torno de 25 milhões de estrelas até a 14^a magnitude.

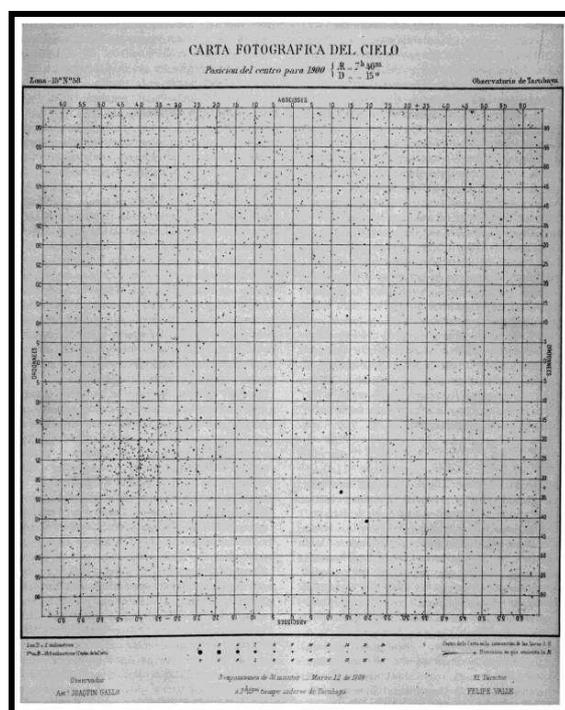


Figura 102: *Carte du Ciel* (Tacubaya, México, 1909)

¹²² Urbain Le Verrier (1811-1877), famoso pela “descoberta” do planeta Netuno em setembro de 1846.

¹²³ Para mais informações e um comentário sobre este catálogo, ver Eichhorn (1974).

Apesar de desenvolvido por mais de 80 anos, a *Carte du Ciel* nunca foi terminada com sucesso, com alguns observatórios abandonando o trabalho e outros sendo substituídos¹²⁴. O primeiro levantamento fotográfico completo do céu ficou conhecido como *Franklin-Adams charts* (1914), realizado pelo astrônomo amador inglês John Franklin-Adams (1843–1912) com observações feitas de Johannesburgo (África do Sul) e Godalming (Inglaterra) e que totalizou 206 placas que registravam estrelas até a 15^a magnitude¹²⁵ (figura 103).

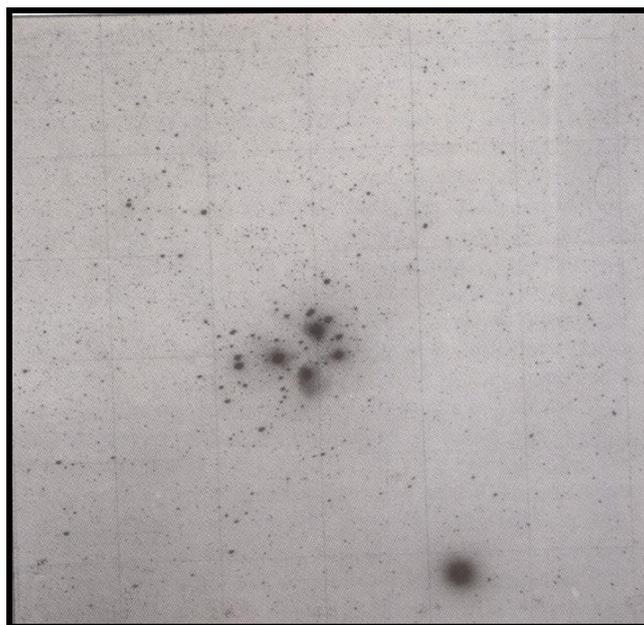


Figura 103: As Plêiades, em *Franklin-Adams charts*

Outros atlas fotográficos ganharam notoriedade durante o século XX, como o *True Visual Magnitude Photographic Star Atlas* (1980) de Chris Papadopoulos e Charles Scovil – 455 placas com estrelas até magnitude 13,5, onde foram utilizados filtros para corrigir a tendência das estrelas vermelhas de aparecer mais fracas nas placas do que elas realmente são visualmente¹²⁶ (figura 104), e o *Palomar Observatory Sky Survey* (POSS) – realizado com a câmera Schmidt¹²⁷ Samuel Oschin de 48” do Observatório de Monte Palomar entre 1949-1957 e financiado pela *National Geographic Society*, com 935 pares

¹²⁴ Durante a 14^a Assembléia Geral da União Astronômica Internacional, realizada em Brighton (1970), foi decidido abandonar definitivamente o projeto. Para mais informações, ver Mouchez (1887), Turner (1912), Eichhorn (1974) e Ré (2012).

¹²⁵ Posteriormente essas placas deram origem ao catálogo Melotte (1915), uma lista de 245 aglomerados abertos e globulares compilados pelo astrônomo inglês Philibert Jacques Melotte (1880-1961). Para mais informações, ver Melotte (1915, 1926).

¹²⁶ As primeiras placas fotográficas eram mais sensíveis à região azul do espectro eletromagnético.

¹²⁷ Inventada em 1929 pelo óptico estônio Bernard Schmidt (1879-1935), a câmera Schmidt é um telescópio com design ideal para fotografar grandes regiões do céu.

de placas¹²⁸ registrando estrelas até a 21^a magnitude¹²⁹ (figura 105), cobrindo a região do pólo celeste norte até a declinação 30° sul.

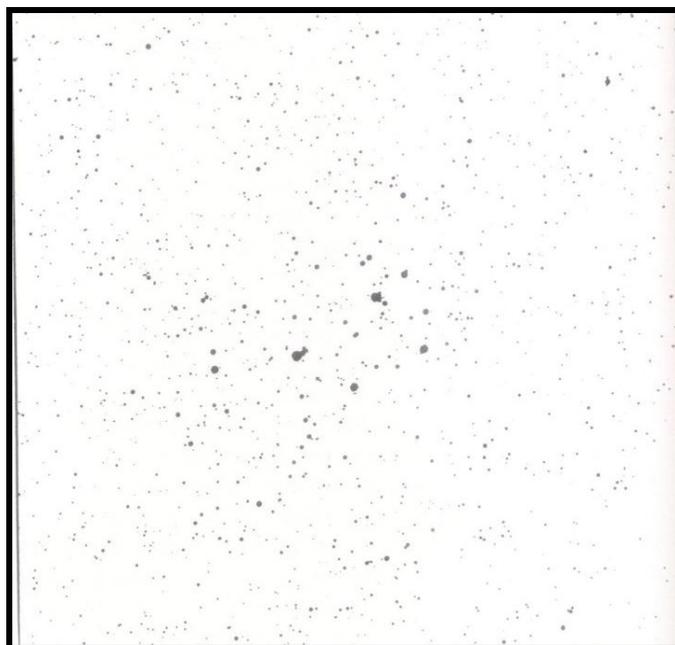


Figura 104: As Plêiades, em Papadopoulos/Scovil

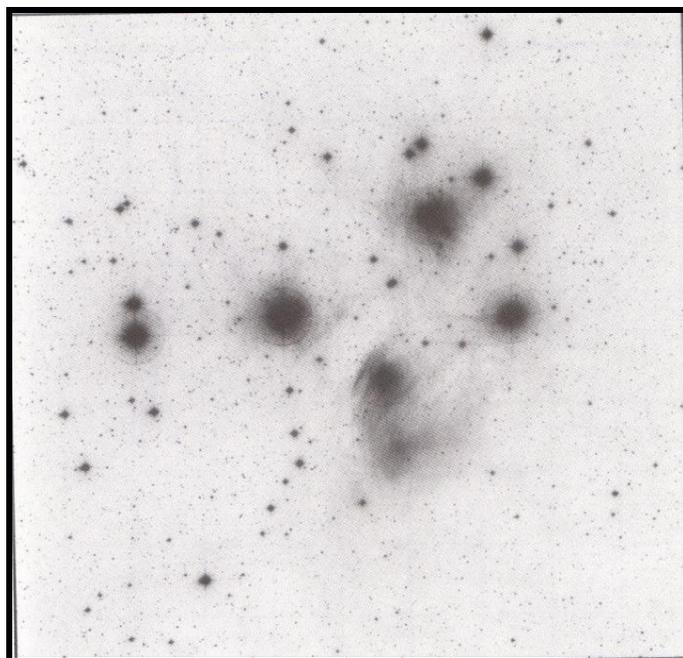


Figura 105: As Plêiades, em Palomar Observatory Sky Survey

¹²⁸ Uma placa sensível à região do vermelho e outra à do azul do espectro eletromagnético.

¹²⁹ Posteriormente essas placas deram origem ao catálogo Abell (1958), uma lista de 2.712 aglomerados de galáxias compiladas pelo astrônomo norte-americano George Ogden Abell (1927-1983) – ampliada para 4.073 objetos em 1989. Para mais informações, ver Abell (1958), Abell, Corwin & Olowin (1989).

Outro fator que impulsionou a cartografia da época foi o desenvolvimento de lentes e espelhos maiores e de melhor qualidade que, associados aos avanços da engenharia e dos sistemas de montagem dos telescópios, permitiram a construção de instrumentos grandes e precisos, como os refratores dos observatórios de Lick (36", em 1888) e Yerkes (40", em 1897) e dos refletores dos observatórios de Monte Wilson (60" e 100", em 1908 e 1917 respectivamente) e Monte Palomar (200", em 1948)¹³⁰. Associados à fotografia, esses gigantes fizeram eclodir um número antes inimaginável de objetos celestes, tornando insustentável a coexistência entre essas novas observações e as figuras das constelações. Com o fim da era pictórica e os *joining-the-dots* relacionados apenas às estrelas mais brilhantes, as fronteiras sobressaíram como principal meio de demarcação entre as constelações (figura 106).

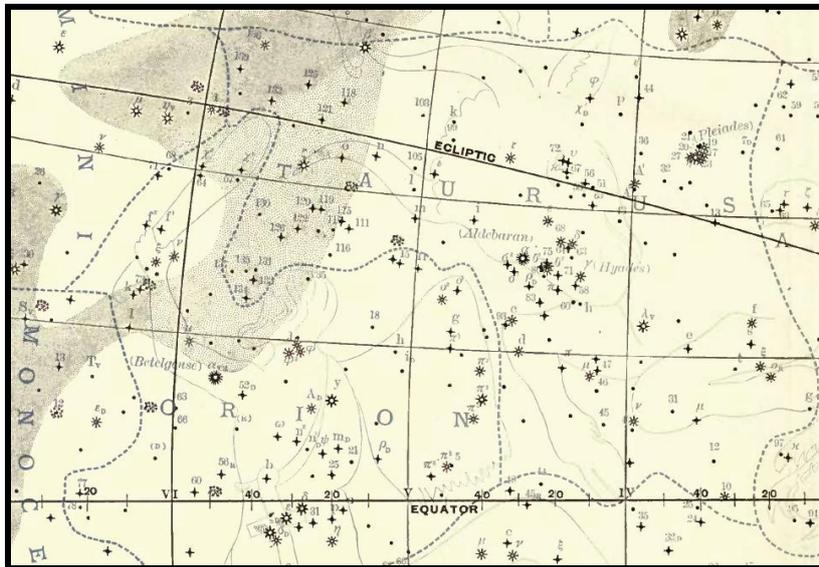


Figura 106: Órion e Touro, em Upton

A criação da IAU: escolha da lista e abreviaturas das constelações

No começo do século XX a cartografia celeste ainda enfrentava 2 grandes problemas: o grande número de constelações e os limites entre elas – ambos sujeitos a variações de um autor para outro e até mesmo entre diferentes edições de um mesmo

¹³⁰ Para mais informações sobre a história e as descobertas desses telescópios, ver Hetherington & Cray (2011). O refletor de 100" de Monte Wilson é particularmente importante dentro da história da astronomia: foi com ele que o astrônomo norte-americano Edwin Powell Hubble (1889-1953) detectou uma cefeída na nebulosa de Andrômeda, mostrando que ela estava bem além dos limites da Via Láctea e, portanto, deveria ser considerada uma galáxia independente. Posteriormente, Hubble demonstrou que as galáxias se afastam com uma velocidade que é diretamente proporcional à sua distância, provando que o universo está em expansão. Para mais informações, ver Hubble (1925, 1929).

atlas. A fim de acabar com essas divergências, unificar as notações e facilitar as relações entre os astrônomos das diferentes nações foi criada, em 28 de julho de 1919, a União Astronômica Internacional¹³¹ (IAU em inglês), que em sua primeira Assembléia Geral – realizada em Roma, em 1922 – determinou o conjunto oficial das 88 constelações utilizadas até hoje (ver Apêndice C¹³²). Coube ao astrônomo belga Eugène Delporte (1882-1955) estabelecer fronteiras inequívocas entre as constelações, usando linhas retas que seguiam paralelas às coordenadas equatoriais correspondentes à época 1875.0 (figura 107). Delporte registrou estrelas até a 6ª magnitude em 28 cartas – sendo 2 hemisférios, utilizando coordenadas equatoriais e ponto de vista interno. Assim, a *Délimitation Scientifique des Constellations* (1930) aboliu definitivamente as figuras das constelações, auxiliando astrônomos e cartógrafos na localização e nomeação dos novos objetos descobertos.

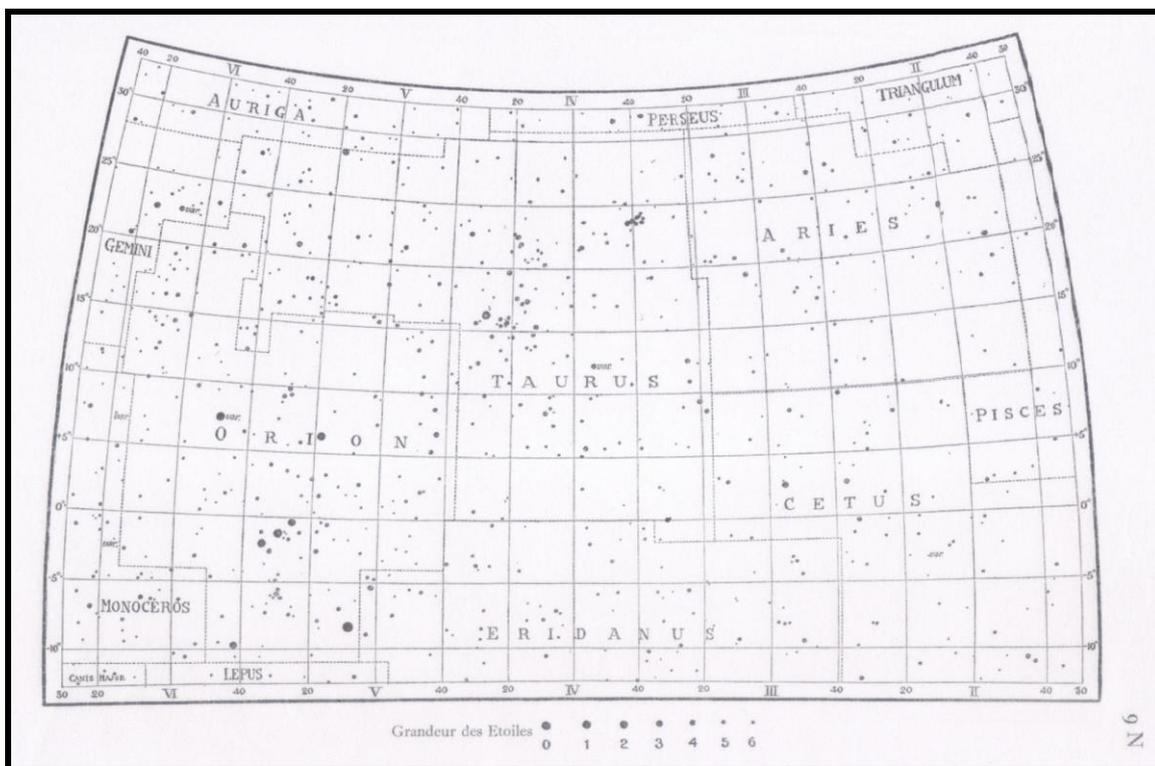


Figura 107: Órion e Touro, em Delporte

Um dos primeiros a se beneficiar dessa padronização foi o astrônomo amador inglês Arthur Philip Norton (1876–1955) que, na 5ª edição do seu *Norton's Star Atlas*

¹³¹ Para mais informações sobre a criação da IAU, ver Blaauw (1994).

¹³² Para outras informações sobre a escolha da lista de constelações e suas abreviaturas, ver Ridpath (1988) e Silva (2010b).

(1933) já utilizou as fronteiras oficiais da IAU. Publicado pela primeira vez em 1910 sob o título *Norton's Star Atlas and Telescopic Handbook*, a obra trazia 16 cartas com coordenadas equatoriais e ponto de vista interno, onde não eram mostradas figuras nem *joining-the-dots* – apenas linhas curvilíneas separando as constelações (figura 108). Em sua primeira edição a obra de Norton registrava a posição de cerca de 6.500 estrelas até a 6ª magnitude e 600 nebulosas, todas com as coordenadas para a época 1920.0. Estes objetos receberam letras e números de acordo com diversos catálogos (Bayer, Flamsteed, Messier, Herschel etc.). Com o passar dos anos o título mudou para *Norton's Star Atlas and Reference Handbook* – já com os objetos posicionados para a época 1950.0, além de serem retratados o **equador galáctico** e a Via Láctea, do aumento na magnitude limite das estrelas para 6,35 e a inclusão de símbolos para as magnitudes intermediárias¹³³ (figura 109). Este foi o atlas mais usado por astrônomos amadores e profissionais durante a primeira metade do século XX.

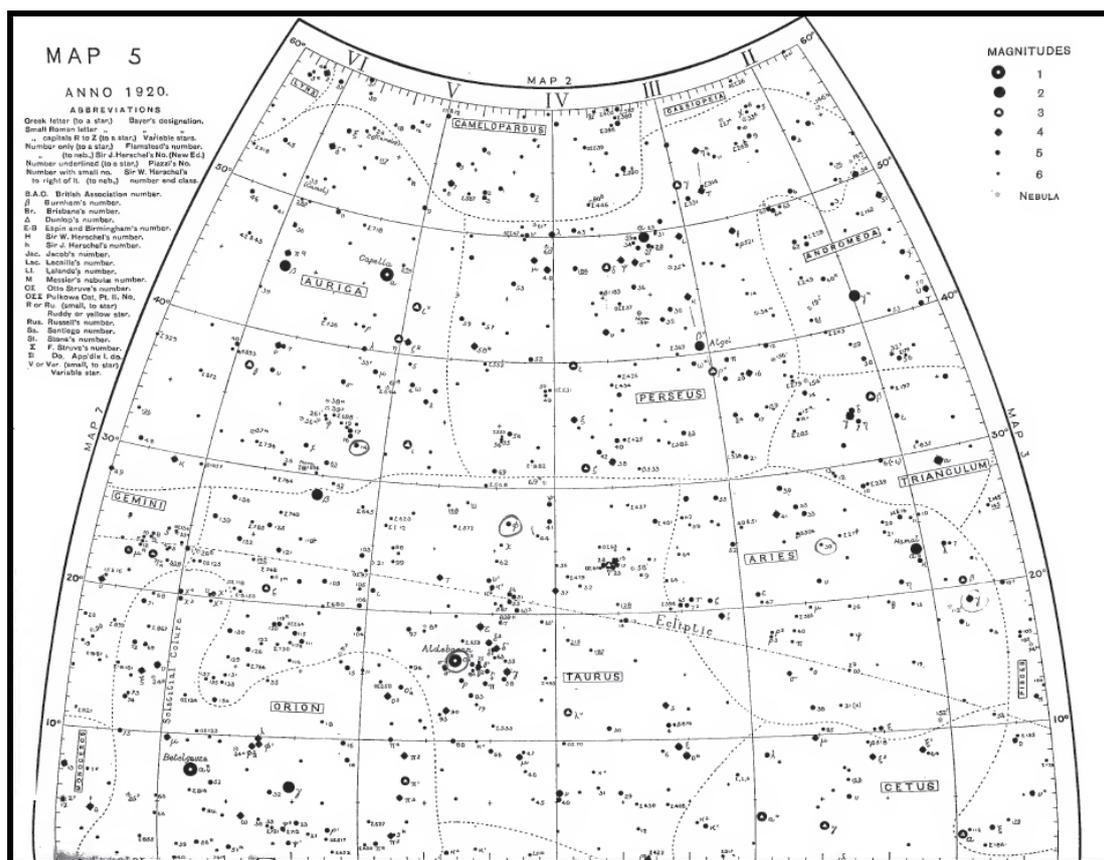


Figura 108: Touro, em Norton (1910)

¹³³ A 18ª edição (1989) foi a primeira a ter os objetos posicionados para a época 2000.0, com um aumento na magnitude limite das estrelas para 6,49 e símbolos distintos para os diferentes tipos de nebulosas.

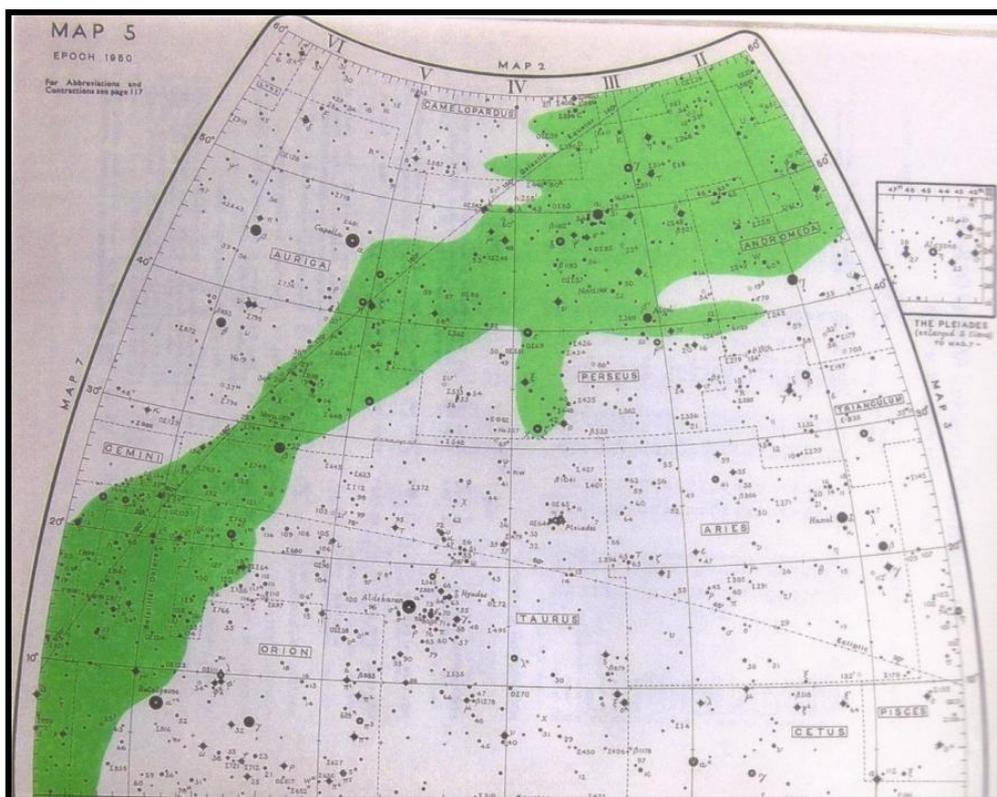


Figura 109: A Via Láctea (em verde) e a constelação do Touro, em Norton (1978)

A radioastronomia e a engenharia espacial

Enquanto trabalhava numa ligação de ondas curtas entre Estados Unidos e Inglaterra, o engenheiro norte-americano Karl Jansky (1905-1950) descobriu uma nova e revolucionária forma de observar o universo – tornando-se o primeiro homem a detectar e identificar ondas de rádio provenientes do espaço¹³⁴. Essa proeza permitiu se detectasse novos objetos em comprimentos de onda fora da faixa espectral do **visível**, como radiofontes, quasares¹³⁵, **pulsares**. O *Atlas Coeli 1950.0* (1948) do astrônomo tcheco Antonín Bečvář (1901-1965) foi um dos primeiros a retratar estas novidades da radioastronomia. Além disso, também tem símbolos específicos para os diversos tipos de estrelas (duplas e múltiplas, visuais e espectroscópicas, variáveis) e nebulosas – agora chamadas **deep-sky objects** (DSO). São mais de 32.500 estrelas até magnitude

¹³⁴ Para mais informações, ver Jansky (1932, 1933).

¹³⁵ Os quasares são objetos com aparência pontual que podem ser vistos na faixa do visível, mas sua magnitude é muito alta (o mais brilhante descoberto até hoje – 3C273, na constelação de Virgem – tem magnitude 13,6). Esses objetos encontram-se a distâncias cosmológicas e a imensa energia que irradiam se origina da queda de matéria em buracos negros no centro de galáxias.

7,75, em 16 cartas com coordenadas equatoriais e ponto de vista interno. Não há figuras nem linhas ligando as estrelas, apenas as fronteiras demarcadas por Delporte em 1930. Edições posteriores trouxeram cores para os DSO e para a Via Láctea – representada em duas tonalidades (figura 110).

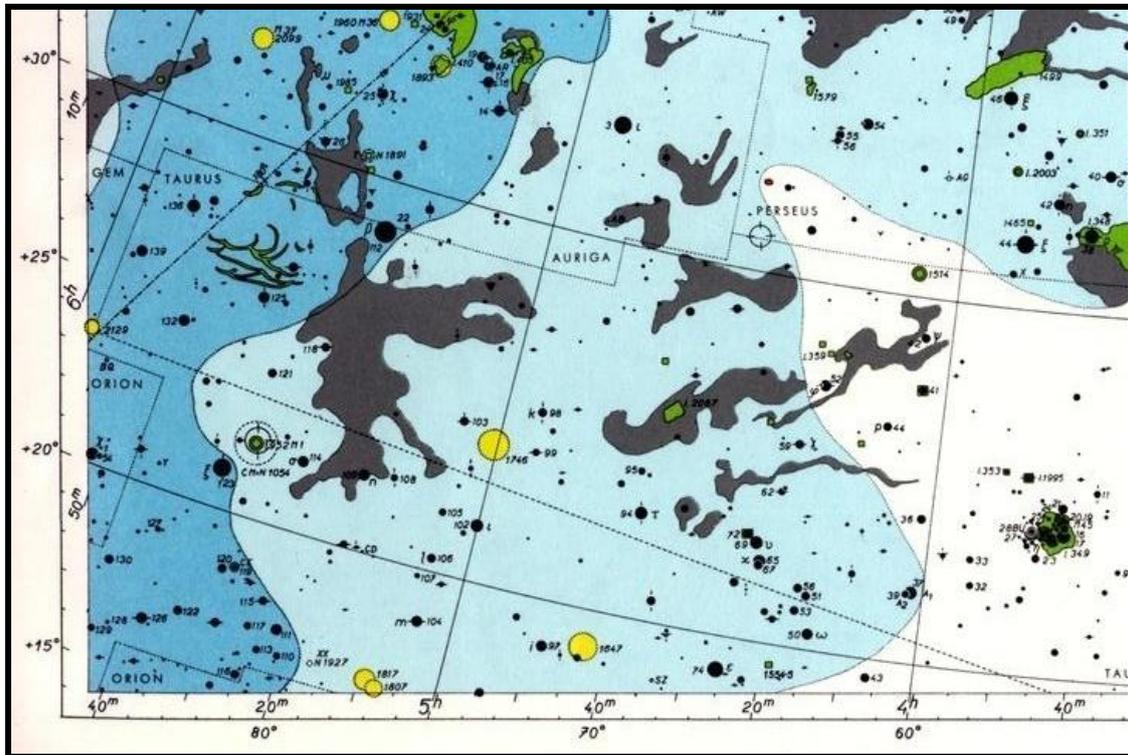


Figura 110: Touro, em Becvar (1958)

Bečvář também produziu 3 atlas¹³⁶ cujos propósitos eram a astrometria e a fotometria fotográficas – o que os tornava incompletos para uma determinada magnitude, ou seja, para cada faixa de magnitude foram escolhidas apenas as estrelas que se tinha o conhecimento preciso de sua posição e movimento próprio¹³⁷. Os atlas não apresentam nenhum DSO, porém cada estrela tem uma cor associada a seu espectro (figura 111).

Embora grandes observatórios fossem construídos em locais de grande altitude, a atmosfera terrestre continuava sendo um fator que atrapalhava as observações astronômicas: a turbulência faz as imagens parecerem borradas e sem definição, estabelecendo limites à obtenção de posições mais precisas (tanto visuais como

¹³⁶ *Atlas Eclipticalis* (1958), *Atlas Borealis* (1962) e *Atlas Australis* (1964).

¹³⁷ A preocupação com a acurácia das posições vem do fato das estrelas desses atlas serem usadas como referência para o posicionamento de satélites. Para mais informações, ver Kresak (1983) e Lovi (1987).

fotográficas). Com o desenvolvimento da engenharia espacial foram construídos satélites artificiais que – colocados em órbita fora da atmosfera – conseguem obter imagens extremamente nítidas¹³⁸, permitindo a confecção de catálogos astrométricos – como os que resultaram da missão *Hipparcos*. Além disso, para certas faixas do espectro eletromagnético (como os raios gama e os raios-X) a atmosfera é quase opaca, dificultando – ou mesmo impedindo – a observação de objetos celestes nestas faixas. A solução foi enviar ao espaço satélites com instrumentos capazes de registrar esses comprimentos de onda barrados pela nossa atmosfera, com o propósito específico de localizar e catalogar esses objetos para fins de mapeamento do céu (figuras 112 e 113).

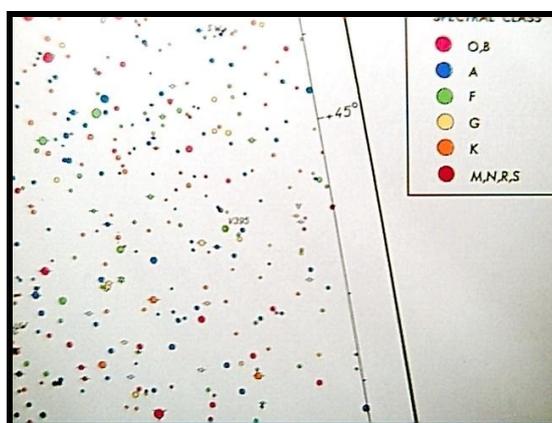


Figura 111: *Atlas Borealis*, de Becvar

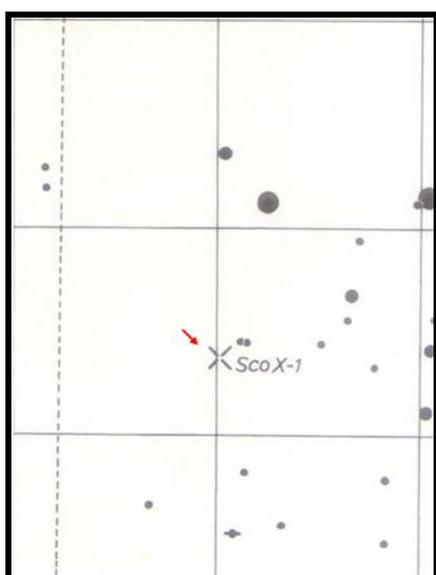


Figura 112: Sco X-1, em Tirion (1988)



Figura 113: Cyg X-1, em Menzel (1986)

¹³⁸ Como é o caso do telescópio espacial Hubble (HST em inglês), lançado em 1990. Para mais informações sobre a história desse telescópio e suas descobertas, acessar <http://hubblesite.org/>.

O uso da informática

Outras inovações cartográficas também surgiram nessa época com a introdução de uma nova e poderosa ferramenta: a informática¹³⁹. Um importante avanço foi o uso do computador no posicionamento das estrelas, e o pioneiro nessa categoria foi o *Smithsonian Astrophysical Observatory Star Atlas* (1969), cujo respectivo catálogo – mais conhecido como SAO – continha 258.997 estrelas até a 9ª magnitude (figura 114).

Durante os anos 70 as tradicionais placas fotográficas começaram a ser substituídas pelo **Dispositivo de Carga Acoplada** (CCD em inglês) – que acoplado ao telescópio elevou a precisão dos trabalhos em astrometria (figura 115). Essa conversão digital de imagens e espectros proporcionou uma análise quantitativa das observações numa escala nunca antes possível, gerando bancos de dados e mapas celestes digitais disponíveis através de CD ROM (figura 116) ou pela Internet – como é o caso do Aladin¹⁴⁰ (figura 117).

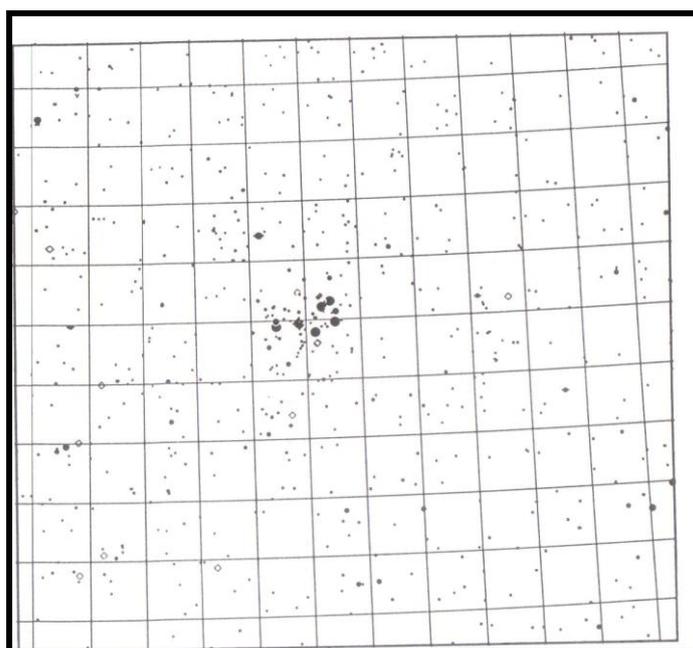


Figura 114: Plêiades, em SAO Star Atlas

¹³⁹ A informática possibilitou a automação no apontamento do telescópio e na rotina de tomada de imagens e espectros, nas observações à distância, nos mecanismos das ópticas ativa e adaptativa (que atuam nos telescópios para efetuar em tempo real correções de deformação do espelho ou da frente de onda pela turbulência atmosférica), além do armazenamento, processamento e acesso rápido aos dados.

¹⁴⁰ Criado em 1999, Aladin é um atlas celeste interativo com imagens digitalizadas de qualquer parte do céu, que permite o cruzamento de informações com o SIMBAD (a maior base de dados astronômicos para objetos fora do sistema solar) e o VizieR (a mais completa biblioteca de catálogos astronômicos *on line*) para todas as fontes conhecidas naquele campo. Todos esses programas estão no portal do *Centre de Données astronomiques de Strasbourg* (CDS), disponível em <http://cds.u-strasbg.fr/>, onde a partir de uma única entrada o usuário tem acesso a esses e outros serviços.



Figura 115: Imagem das Plêiades obtida com um CCD

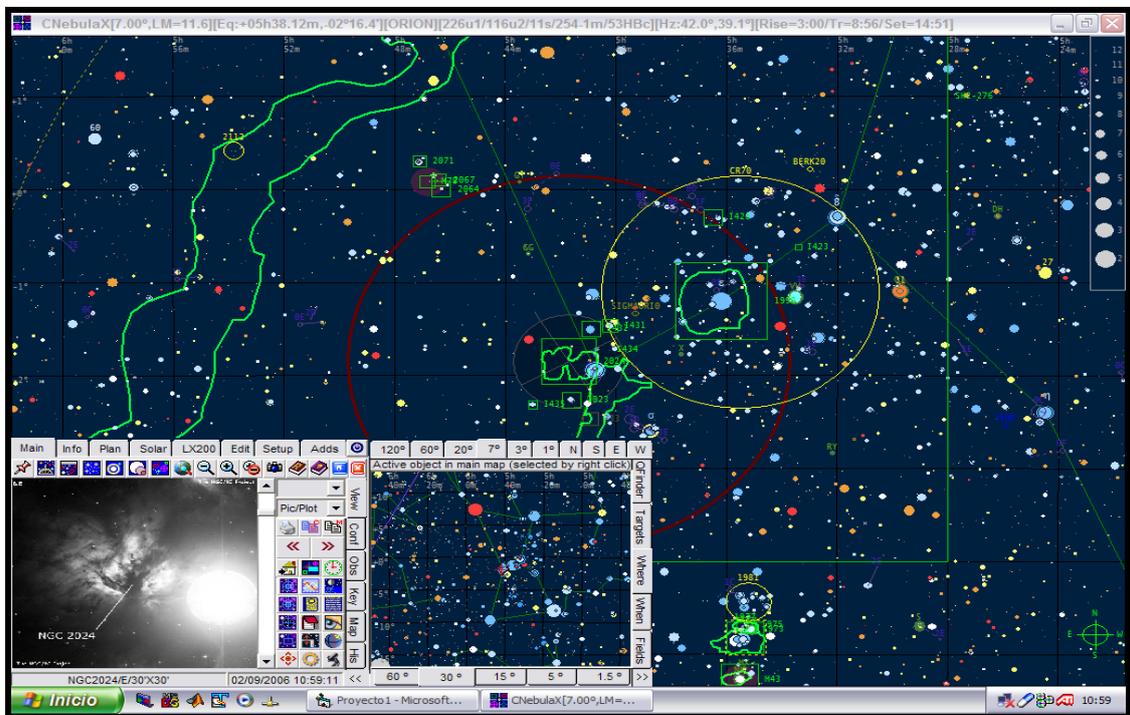


Figura 116: Região central de Órion no software astronômico *CNeBulaX*

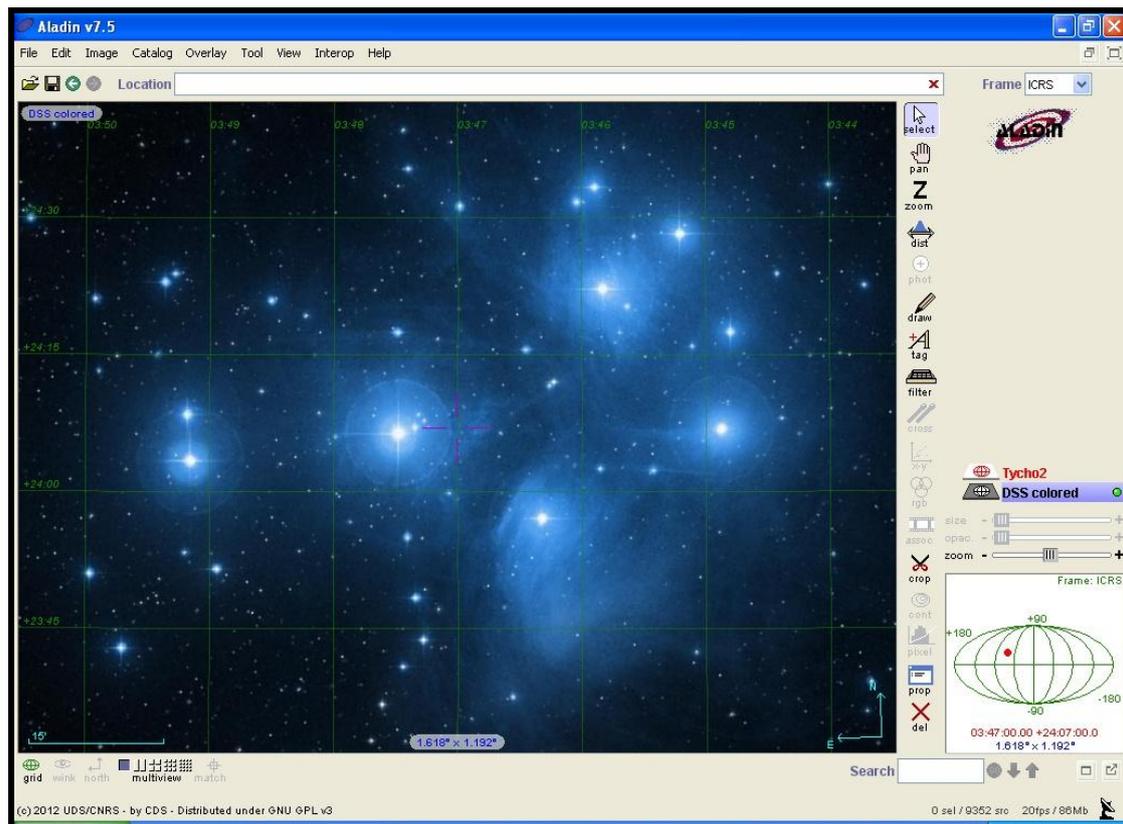


Figura 117: Plêiades, em Aladin

O uso da computação gráfica em cartografia celeste ganha popularidade com *Sky Atlas 2000.0* (1981), de autoria do designer gráfico e uranógrafo¹⁴¹ holandês Wil Tirion (1943-). Entre as razões que contribuíram para seu sucesso estão o fato de ter sido o primeiro atlas para a época 2000.0 (tornando-o utilizável por mais tempo) e de utilizar projeções que minimizam as distorções encontradas em outros mapas¹⁴², além de assinalar mais de 43.000 estrelas até a 8ª magnitude (junto com mais de 2.500 DSO baseados nos símbolos utilizados por Bečvář – inclusive a Via Láctea em 2 tons) em 26 cartas com coordenadas equatoriais e ponto de vista interno (figura 118). Tirion também foi responsável por outro grande triunfo da cartografia recente: *Uranometria 2000.0*, publicado em 2 volumes (1987-1988), onde foram registradas as posições de 332.556 estrelas até magnitude 9,5, plotadas por computador em 473 cartas, junto com mais de 10.300 DSO – além de quasares, radiofontes e fontes de raios-X (figura 119). Em ambos os trabalhos não aparecem figuras nem linhas ligando as estrelas – apenas as fronteiras da IAU.

¹⁴¹ Como ele mesmo se define em seu website (<http://www.wil-tirion.com/>).

¹⁴² P. ex., Bečvář. Para mais informações, ver Lovi (1987).

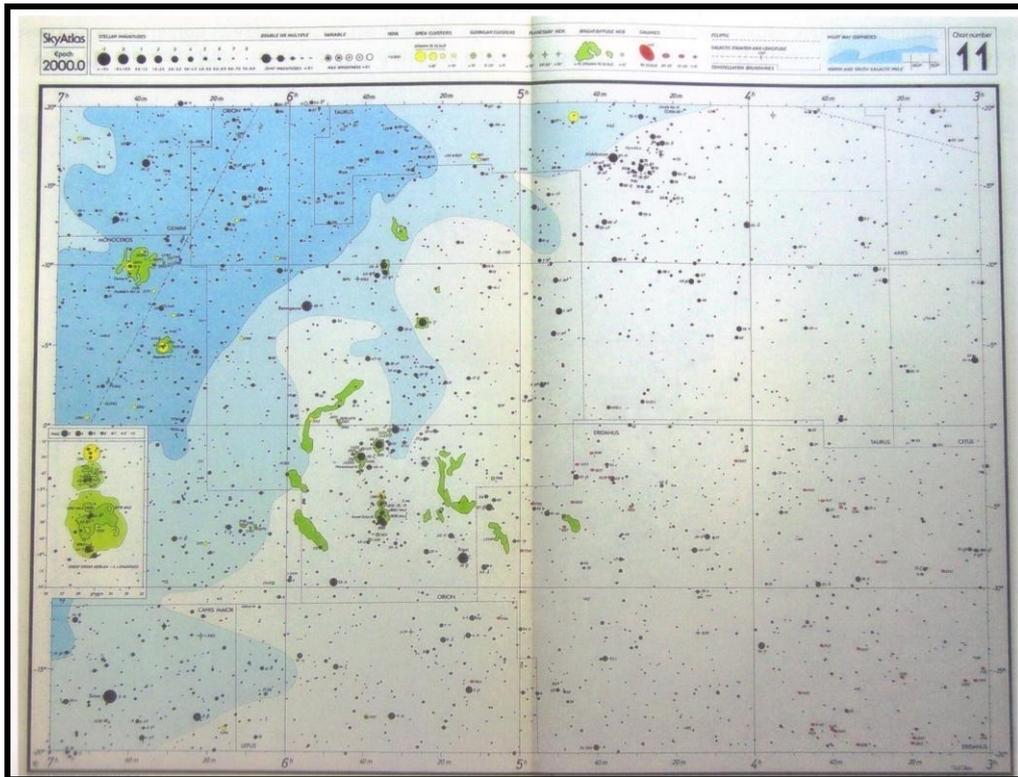


Figura 118: Órion e Touro, em Tirion (1981)

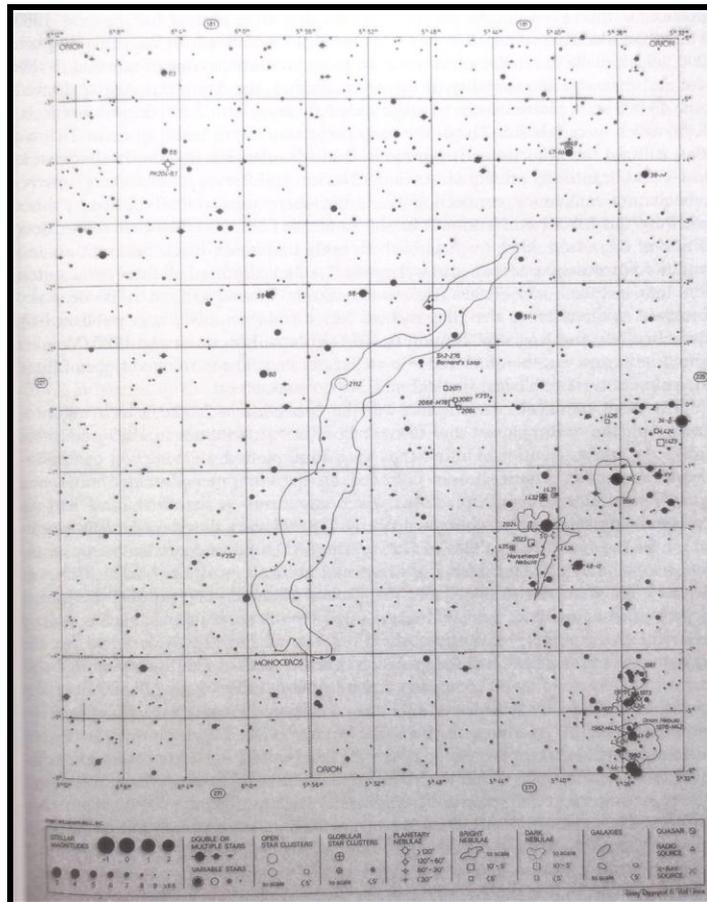


Figura 119: Região central de Órion, em Tirion (1987)

A cartografia celeste do século XX atinge seu ápice com os 3 volumes que compõem o *Millennium Star Atlas* (1997), do cartógrafo francês Roger Sinnott (19??-). São 1.058.332 estrelas até a 11^a magnitude – com posições e movimentos próprios baseados na missão astrométrica do satélite *Hipparcos*¹⁴³, distribuídas em 1.548 cartas, e cerca de 10.000 DSO. *Millennium* é tão preciso que até as galáxias foram retratadas com seu ângulo de posição¹⁴⁴ correto – além de ser o primeiro atlas a retratar aglomerados de galáxias (figura 120). Observações recentes mostraram que esses aglomerados estão organizados em estruturas colossais – os superaglomerados de galáxias, cuja distribuição tridimensional em larga escala revelou um universo constituído por paredes e filamentos de galáxias espaçadas por vazios de dimensões cosmológicas¹⁴⁵ (figuras 121 e 122).

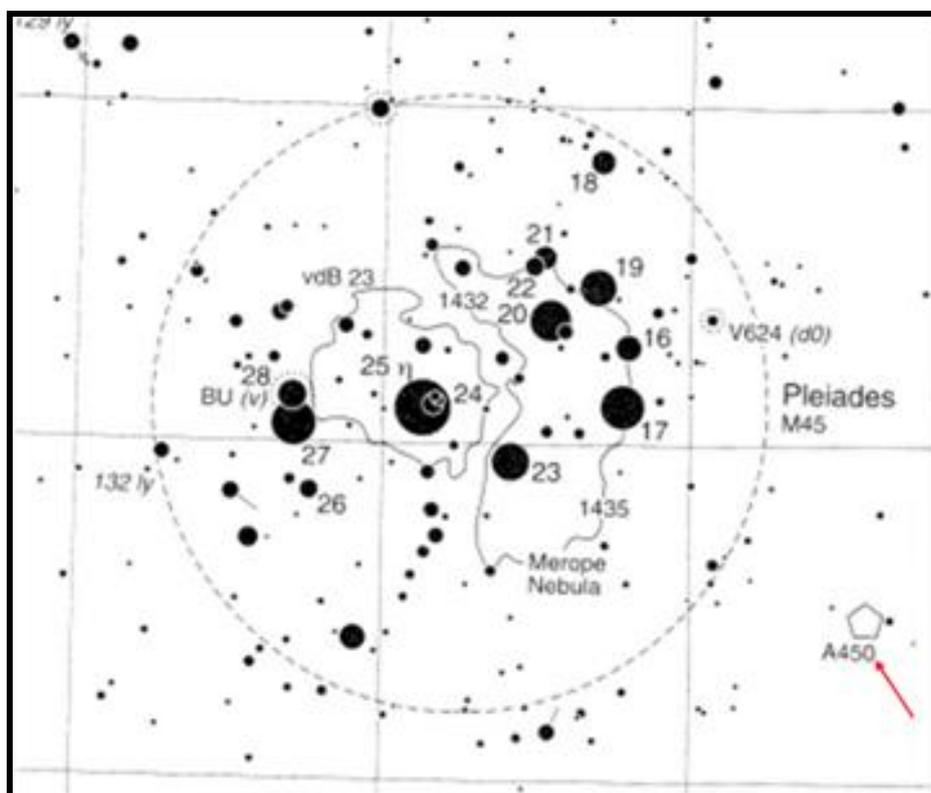


Figura 120: O aglomerado de galáxias A450, em Sinnott

¹⁴³ Lançado pela Agência Espacial Européia (ESA em inglês) em 1989, o satélite *Hipparcos* operou até 1993; para mais informações sobre os catálogos resultantes dessa missão, ver ESA (1997). Os dados desses catálogos têm como sistema de referência o *International Celestial Reference System (ICRS)* – que utiliza as coordenadas equatoriais de 608 radiofontes extragalácticas obtidas através de interferometria.

¹⁴⁴ John Herschel usou este método para descrever como estão orientados os componentes de uma estrela dupla. Para mais informações, ver Hirshfeld & Sinnott (1985: xi) e Sinnott (1988: xiii).

¹⁴⁵ Para mais informações sobre a estrutura do universo em larga escala, ver Geller & Huchra (1989), Colless *et al.* (2001) e Gott III *et al.* (2005).

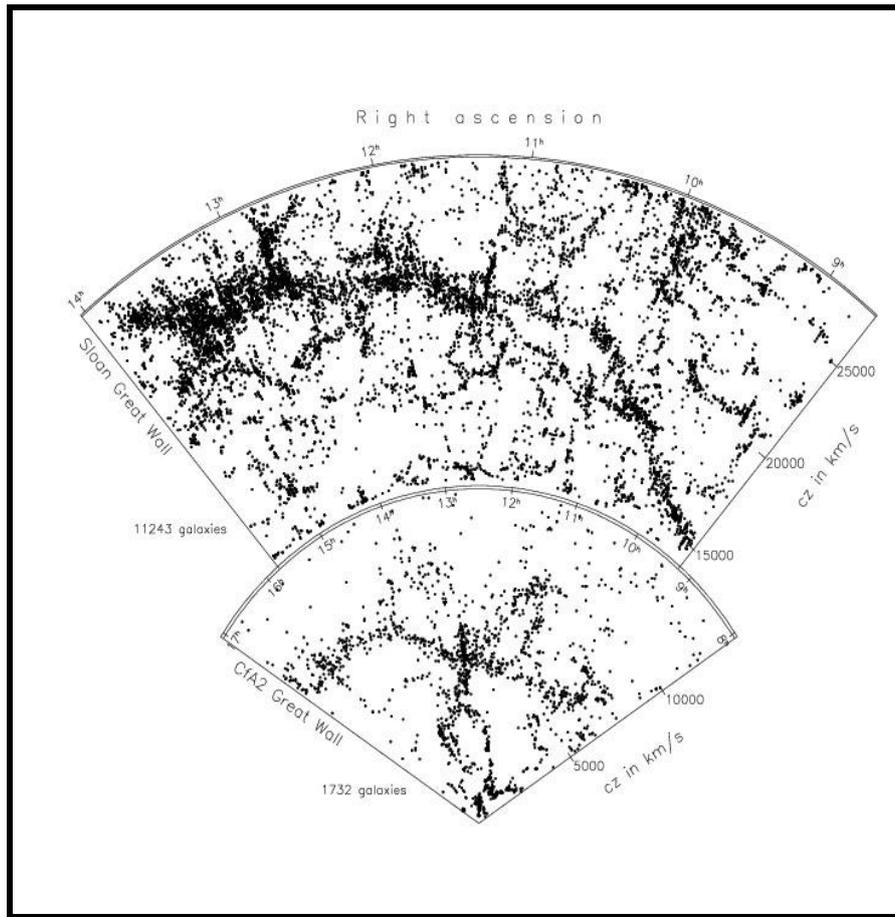


Figura 121: Comparação entre *The Great Wall* (1989) x *Sloan Great Wall* (2003)

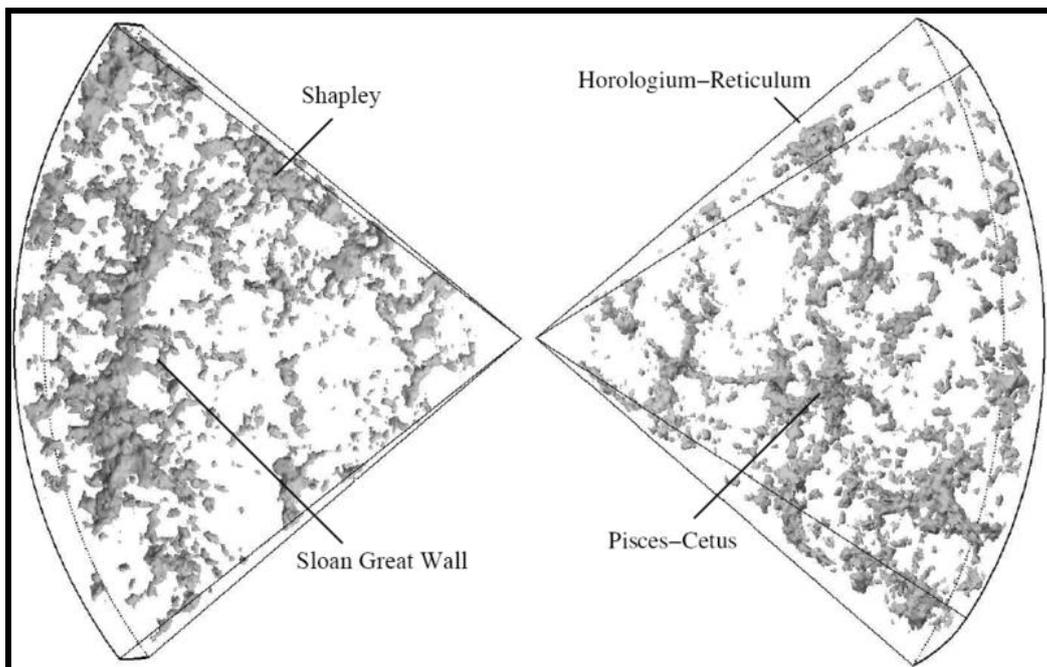


Figura 122: *Sloan Great Wall* (2003) dentro do *2dF Galaxy Redshift Survey* (2007)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Recapitulação histórica¹⁴⁶

Embora as primeiras representações materiais de estrelas e constelações pareçam ter surgido sobre ossos e paredes de cavernas, somente com a organização das primeiras cidades e estados consegue-se reconhecer constelações gravadas em tábuas de argila e tetos de templos. Numa época em que a ciência podia ser considerada uma mistura de explicações naturais e espirituais, o ponto de vista comum era que o mundo divino atuava no mundo físico, e que os astros – associados aos deuses – influenciavam nos assuntos mundanos. Utilizadas para orientar de atividades agrícolas a eventos religiosos, as constelações são um bom indício da relação ciência-religião entre os povos da antiguidade. Com os gregos começam a aparecer concepções do mundo que o tornam explicável sem fazer menção às divindades: surgem modelos geométricos que utilizam círculos e esferas para explicar o movimento dos corpos celestes, e a idéia de representar o céu sobre uma superfície esférica deve ter levado à construção dos primeiros globos celestes. Enquanto Arato descreveu as constelações que Eudoxo sistematizou, Hiparco descobriu a precessão dos equinócios e elaborou o primeiro catálogo estelar do mundo ocidental. Coube a Ptolomeu reunir e organizar o trabalho de seus predecessores, imortalizando o sistema de magnitudes de Hiparco e o conjunto das constelações clássicas.

O *Almagesto* tornou-se a base para os catálogos estelares medievais, sendo reproduzido no mundo árabe em várias ocasiões entre os séculos IX e XV. Além de estabelecerem uma nomenclatura estelar utilizada até hoje, outra grande contribuição árabe para a cartografia foi a planificação da esfera celeste – materializada na figura do astrolábio.

As xilogravuras e a imprensa ajudaram a padronizar o imaginário das constelações gregas, e as descrições ptolomaicas continuaram sendo a base para a construção de mapas e globos celestes até o final do século XVI – quando a insatisfação com a acurácia das antigas **efemérides** levou Tycho Brahe a produzir o mais preciso

¹⁴⁶ Insistimos que este resumo é baseado num levantamento histórico amplo no tempo, feito com um esforço metodológico no sentido de evitar qualquer viés restritivo – exceto o de abordar a cartografia celeste ocidental.

catálogo da era pré-telescópica. Com as grandes navegações os europeus tiveram acesso a uma parte do céu até então desconhecida das latitudes boreais, e os navegantes agruparam essas novas estrelas em constelações – destaque para o Cruzeiro do Sul português e às constelações criadas pela tríade holandesa Plancius, Keyser e Houtman.

Com o catálogo de Tycho e as novas constelações austrais, Bayer dá início à Idade de Ouro dos Atlas Celestes. Impressa com placas de cobre, sua *Uranometria* também introduzia uma forma de designar as estrelas que perdura ainda hoje. A obra de Bayer se tornaria referência até o final do século XVII, quando Hevelius – o último a não usar o telescópio na confecção de um atlas – completou as lacunas existentes no céu boreal com constelações de sua autoria e produziu o melhor catálogo estelar pós-Tycho.

Ampliando nossa visão do cosmos, o telescópio revelou um firmamento repleto de novos objetos e, quando em conjunto com o micrômetro, proporcionou um aumento de precisão sem precedentes. Flamsteed fez bom uso dessa combinação quando confeccionou um catálogo estelar para auxiliar a navegação, e também foi com ele que o sistema de coordenadas equatoriais ganhou importância na cartografia celeste ocidental. Na segunda metade do século XVIII são preenchidos os espaços vazios próximos ao pólo antártico, surgem fronteiras entre as constelações e legendas mais específicas para estrelas e nebulosas. Bode fecha a Idade de Ouro incrementando todas essas inovações e mais as novidades dos poderosos refletores de Herschel.

Depois da *Uranographia* de Bode os atlas celestes seguiram 2 caminhos diferentes: os populares preservavam a supremacia pictórica ou apresentavam uma alternativa à falta de imagens – os *joining-the-dots*, enquanto os profissionais focavam não nas figuras, mas no aumento da precisão – como fizeram Argelander e Gould.

A espectroscopia revelou novas propriedades das estrelas – conseqüentemente gerando uma nova forma de catalogá-las, e com o desenvolvimento da astrofotografia a cartografia celeste entrou numa nova era de precisão. A construção de telescópios cada vez mais potentes levou os cartógrafos a enfatizar o número crescente de objetos celestes descobertos, evitando as figuras das constelações. No final do século XIX quase não restavam representantes da era pictórica, os *joining-the-dots* já haviam se estabelecido como uma ótima opção para os astrônomos amadores e as fronteiras entre as constelações prenunciavam a padronização dos atlas celestes.

No começo do século XX cartógrafos ainda divergiam em relação ao número de constelações e as fronteiras que as delimitavam. Com a criação da IAU foi definido o conjunto oficial das 88 constelações utilizadas até hoje, e coube à Delporte a tarefa de

estabelecer fronteiras inequívocas entre elas, abolindo definitivamente as figuras das constelações. Com as contribuições vindas da radioastronomia (novos objetos), da engenharia espacial (telescópios espaciais, satélites astrométricos) e da informática (computação gráfica, plotagem por computador, CCD, softwares astronômicos, bancos de dados digitais, Internet) são dados os últimos retoques na cartografia do século XX.

Análise dos fatores históricos

O levantamento histórico feito revelou uma cartografia celeste preocupada em retratar o céu como ele é observado, destacando os principais fatores responsáveis por seu desenvolvimento através de uma análise histórica que descrevesse como se deram essas influências. Embora toda tentativa de divisão esteja sujeita a falhas, esses fatores podem ser divididos basicamente em 4 grupos: os utilitários – que relacionam a cartografia a necessidades práticas (hoje não mais pela utilidade imediata, mas por uma utilidade a longo prazo – a necessidade de conhecermos melhor o meio ambiente em que vivemos), os técnico-instrumentais – que incluem melhoramentos e inovações na forma de observar/medir a posição dos astros (o que nos instrumentaliza para descrever e representar o universo), os teóricos – produções mentais que abriram novos caminhos e ampliaram nossos horizontes (tanto intelectuais quanto físicos) e os sócio-culturais – considerados extrínsecos à astronomia, mas que de alguma forma influenciaram a cartografia (xilografuras e imprensa, grandes navegações, constelações e seus motivos).

Sobre os fatores utilitários

Os antigos criaram as constelações basicamente para marcação de tempo e orientação espacial – já que sua localização na Terra dependia de um bom conhecimento da abóbada celeste. Com o passar do tempo o mapeamento do céu ganha aplicações ainda mais práticas, como seu uso em astrologia (confecção de horóscopos), nos astrolábios planisféricos (determinar a latitude e as horas de acordo com a posição das estrelas), na navegação (principalmente quando combinados o sextante de dupla reflexão e os almanaques náuticos), no cálculo da longitude (fundamental para o estabelecimento das posições geográficas e na demarcação de fronteiras), e mais recentemente no posicionamento de espaçonaves.

Ainda em relação ao aspecto utilitário, para além de mapear o céu, a cartografia acabou revelando outro importante papel: o de resguardar a memória astronômica – uma forma de dar acesso a impressões passadas acerca do universo. Preservados em globos, mapas e cartas celestes de diferentes períodos, estes registros visuais permitem comparar e analisar como evoluíram nossas concepções sobre o cosmos, além de inferir fenômenos de longo prazo – como a precessão dos equinócios (ver Apêndice B).

Sobre os fatores técnico-instrumentais

O olho humano foi o primeiro detector astronômico, e até o começo do século XVII as observações ainda eram feitas com a vista desprovida de qualquer instrumento óptico – apenas com o aparato necessário à determinação da posição dos astros no céu (**alidade**, esfera armilar, astrolábio, sextante e quadrante clássicos)¹⁴⁷. No que se refere a avanços técnicos vale lembrar a introdução da projeção estereográfica (aqui tratada como uma técnica porque planificou a esfera celeste) na confecção do astrolábio e o uso da estatística (multiplicar um grande número de observações para reduzir as incertezas).

Ultrapassando a magnitude limite do olho humano, o telescópio abriu novos caminhos para a investigação, mas ele por si só não era de grande utilidade para a medição de ângulos; foi necessário o surgimento do micrômetro – que quebrou a barreira imposta pela resolução do olho humano e permitiu uma grande precisão nas medições angulares. É interessante notar que os atlas de Bayer e Hevelius não utilizaram dados obtidos através do telescópio¹⁴⁸, e mesmo assim suas obras tornaram-se relevantes para a cartografia do período. Então, quando podemos dizer que o telescópio realmente se tornou um fator determinante para a evolução dos atlas celestes? Embora a precisão e o número de estrelas tenham crescido em Flamsteed, foi a *Uranographia* de Bode que incorporou todos os benefícios oriundos da utilização em larga escala do telescópio – não somente em termos de precisão, mas principalmente o aumento considerável no número de objetos (estrelas e nebulosas) retratados. Pode-se dizer que com Bode o uso do telescópio foi realmente determinante para a evolução dos atlas seguintes, já que daí em diante os cartógrafos tiveram que escolher entre a

¹⁴⁷ Mesmo assim foi possível fazer medidas precisas com a ajuda de instrumentos e métodos adequados, como fizeram Tycho Brahe e Hevelius (este último na segunda metade do século XVII).

¹⁴⁸ No caso de Hevelius estamos nos referindo ao *Firmamentum Sobiescianum*, e não a sua *Selenographia* (1647) – esta última sem dúvida fez extenso uso do telescópio.

elegância da concepção artística e a relevância da informação científica – uma mudança de paradigma que representou, ao mesmo tempo, o apogeu e o declínio de toda uma era.

Além de registrar astros com brilhos mais débeis – conseqüentemente produzindo material para a confecção de novos catálogos, a utilização de placas fotográficas com fins de mapeamento do céu foi um grande avanço para a astrometria, já que da fotografia se obtinham posições com uma precisão nunca antes vista¹⁴⁹. Uma observação importante deve ser feita em relação à espectroscopia: a mesma técnica que fornecia a certeza de que uma nebulosa era realmente uma nuvem de gás – e não um aglomerado de estrelas – proporcionou aos cartógrafos uma maneira segura e distinta de representar estes 2 tipos de objetos e aos astrônomos classificar as galáxias de acordo com seu *redshift*. Além disso, a espectroscopia também criou uma demanda por símbolos para as duplas (ou múltiplas) espectroscópicas e cores de acordo com os diferentes tipos espectrais¹⁵⁰.

Embora historicamente a astronomia tenha se desenvolvido a partir de observações na faixa espectral do visível, hoje em dia é possível coletar radiação que cobre praticamente todo o espectro eletromagnético. A construção de detectores fora dessa faixa e de satélites artificiais revelou a existência de objetos em comprimentos de onda antes inacessíveis ao olho humano (rádio, raios gama, raios-X, ultravioleta, infravermelho), permitindo sua catalogação e mapeamento. O uso de tecnologia digital na aquisição e no tratamento de imagens (CCD, computadores) possibilitou o armazenamento de uma quantidade extraordinária de informações – que posteriormente foram organizadas em bancos de dados que podem ser acessados pela Internet.

Os fatores técnico-instrumentais foram os que contribuíram para o alargamento dos limites da ciência, tornando nosso conhecimento do universo mais completo e mais preciso. Extra-somatizando nosso cérebro através da tecnologia estamos ampliando nossos sentidos, trazendo à tona uma realidade mais complexa – e a cartografia celeste registra como esse “mundo à volta” (nosso *Umwelt*) muda em diferentes épocas.

Sobre os fatores teóricos

Alguns avanços em questões teóricas foram determinantes para a evolução da cartografia, como o desenvolvimento do conceito de esfera celeste (que embora fictício

¹⁴⁹ A fotografia, por si só, já constitui um registro fiel e permanente da observação.

¹⁵⁰ Em ambos os casos os atlas de Bečvář são um bom exemplo.

proporcionou a criação de sistemas de coordenadas celestes – e de instrumentos para medir ângulos nesses sistemas), da trigonometria e da geometria esférica (que possibilitaram o cálculo desses ângulos e a transposição entre diferentes sistemas de coordenadas nas superfícies de esferas armilares e globos celestes). Contribuições da física teórica em áreas como o eletromagnetismo e a mecânica quântica foram vitais para o desenvolvimento tanto da instrumentação astronômica (CCD, radiotelescópios, detectores de infravermelho, ultravioleta, raios-X e gama, interferômetros) quanto da teoria da evolução estelar (fundamental para a classificação estelar). Mais recentemente a **lei da velocidade-distância** também se mostrou útil, ao permitir que seja feita uma cartografia cosmológica tridimensional com base no *redshift* das galáxias.

Entretanto, considerando que a cartografia se ocupa da representação do céu, verificamos que alguns progressos concernentes à teoria aparentemente não promoveram reflexos cartográficos – como o heliocentrismo de Copérnico ou a física de Newton e Einstein, e embora tenham revolucionado nossa maneira de interpretar o universo esses avanços teóricos não geraram imagens que se tornaram amplamente usadas em atlas celestes.

Sobre os fatores sócio-culturais

A evolução nas formas e tecnologias de reprodução das imagens teve reflexos na cartografia celeste, já que aumentaram a precisão e a riqueza de detalhes apresentadas em mapas e cartas: as xilogravuras do século XVI deram lugar às placas de cobre nos séculos XVII e XVIII (uma impressão com melhor qualidade, embora ainda em preto e branco), até que a litografia – um processo mais econômico, menos demorado e revolucionário pelo uso das cores – se tornasse o preferido dos cartógrafos do século XIX em diante. Olhando menos para a técnica e mais para a baixa de preço na produção dos atlas, a imprensa proporcionou a democratização e difusão do conhecimento – possibilitando que pessoas comuns tivessem acesso a obras de caráter científico (p. ex., os livros em que Tycho Brahe e Hevelius descrevem e discutem seus instrumentos), além de ampliar a rede de discussão e estudos de astrônomos e cartógrafos.

A preferência da cartografia celeste ocidental por localizar os astros em relação à eclíptica – que perdurou até o final do século XVII – parece ter motivações astrológicas, daí a importância dada por gregos e mesopotâmios à posição do Sol, da Lua e dos

planetas. No começo do século XVIII as tradicionais coordenadas eclípticas foram preteridas pelas equatoriais – talvez pela utilização de telescópios com montagem equatorial (que permitiram acompanhar os astros movendo-se o telescópio em apenas um eixo), pela conveniência em se orientar pelos pontos cardeais (ao invés da eclíptica) ou ainda pela influência do contato com os chineses (que privilegiavam o equador celeste – ao contrário de gregos e mesopotâmios¹⁵¹). A troca do ponto de vista externo pelo interno parece ter razões de ordem prática (mapas e cartas com a representação do céu “real” são mais funcionais) e religiosa (a esfera celeste vista por quem está do lado de dentro – o homem, e não por Deus).

Analisando prefácios e dedicatórias dos atlas em diferentes épocas notamos uma mudança no padrão do mecenato, uma tendência à institucionalização: os mais antigos normalmente voltados a reis e patronos, com o passar do tempo não apenas uma pessoa mas uma instituição de pesquisa (ou os editores de uma obra), ou seja, o conjunto de indivíduos ligados à publicação ou ao tema. Grandes empreendimentos de cooperação em cartografia revelaram a internacionalização das pesquisas em astronomia (o programa de mapeamento do céu de Bessel, o projeto *Carte du Ciel*) e a necessidade social de um consenso sobre o número de constelações e as fronteiras que as delimitavam levou à criação da IAU – onde foram definidas a lista de constelações, suas abreviaturas e fronteiras.

Resumidamente podemos definir 2 grandes grupos de constelações: um formado pelas 48 clássicas – descritas por Ptolomeu no *Almagesto*, e outro formado por 40 constelações modernas, criadas entre os séculos XVI e XVIII (principalmente no hemisfério celeste sul). O primeiro grupo envolve em sua grande maioria estrelas do hemisfério celeste norte, e embora esteja repleto de elementos que nos remetam à mitologia grega, parece ter raízes mesopotâmias (o intercâmbio/domínio de uma cultura sobre outra fez com que elas chegassem à Grécia). O segundo grupo prescinde de muitas explicações: constelações criadas basicamente para homenagear as artes, as ciências e a recém descoberta fauna austral¹⁵² (ver Apêndice D). As invenções são atribuídas à dupla Keyser-Houtman (12), Petrus Plancius (3), Hevelius (7) e Lacaille (14), sendo que este último também dividiu a constelação do Navio em 3 distintas:

¹⁵¹ Curiosamente, chineses e mesopotâmios parecem tender para um ponto comum quando o assunto é o movimento dos corpos celestes – calculado com base em séculos de registros, divergindo dos gregos – que inventaram um método teórico de prever a posição dos astros com base em modelos geométricos.

¹⁵² Algumas constelações também foram criadas com fins políticos, homenageando monarcas ou patronos de pesquisas. Segundo Ridpath (1988), a constelação do Escudo foi a única desse tipo que sobreviveu até nossos dias.

Quilha, Popa e Vela. O Cruzeiro do Sul e a Cabeleira de Berenice surgiram em mapas e globos celestes ao longo do século XVI.

Mas porque as constelações foram batizadas desse jeito? Parece que quando nomeavam as constelações, astrônomos e cartógrafos atribuíam a elas os significados mais sublimes de sua época, os símbolos de excelência de suas gerações: na antiguidade foram associadas a deuses e heróis mitológicos, durante o Iluminismo representaram instrumentos artísticos e científicos. Naturalmente nem todas têm o mesmo apelo – as clássicas gozam de um encanto e poesia que falta nas modernas – mas todas têm sua história, sempre ligada a fatos que comoveram ou interessaram a humanidade.

Para concluir poderíamos dizer, de modo geral, que a cartografia celeste situa o homem no universo – seria um epílogo aceitável, porém incompleto. A dinâmica que orienta a cartografia celeste é tornar nosso conhecimento do universo mais abrangente – incluir tudo que as observações revelam com a máxima precisão. Nesse sentido atuam os fatores técnico-instrumentais – os que coletam/analisa os dados para a construção das representações. Baseados nessas representações os fatores teóricos (teorias, cosmologias) organizam e estruturam as informações cartográficas num corpo coerente de conhecimento – direcionando parte dos novos projetos de observação e criando uma demanda por inovações tecnológicas (ou seja, fatores técnico-instrumentais e teóricos geram entre si uma espécie de mecanismo de *feedback*). Os fatores utilitários, enquanto motivadores da atividade cartográfica, exerceram grande influência na cartografia de outrora (marcação do tempo, orientação espacial, astrologia etc.), mas as utilidades de curto prazo foram substituídas por questionamentos ligados à nossa sobrevivência como espécie biológica: a necessidade de conhecermos o ambiente em que vivemos e estarmos preparados para um mundo cada vez mais complexo, pois embora o conhecimento recém-adquirido possa não ser útil agora ele certamente auxiliará a resolver futuros desafios (Vieira, 1993). Enquanto os fatores utilitários apontam para uma representação cada vez mais completa e precisa do universo, os fatores sócio-culturais se apresentam – numa escala temporal de curto prazo – como episódios isolados e de influência passageira, mas quando considerados numa escala temporal mais ampla se revelaram capazes de intervir no desenvolvimento da cartografia celeste, participando de maneira efetiva na ampliação, quantificação e complexificação do conhecimento humano acerca do universo.

REFERÊNCIAS

Fontes Primárias

- ABELL, G. O. Distribution of rich clusters of galaxies. A catalogue of 2712 rich clusters found on the National Geographic Society Palomar Observatory Sky Survey. *Astrophysical Journal Supplement Series*, 3, p. 211-288, 1958.
- ABELL, G. O.; CORWIN, H. G.; OLOWIN, R. P. Catalog of Rich Clusters of Galaxies. *Astrophysical Journal Supplement Series*, 70, p. 1-138, 1989.
- ALLEN, R. H. *Star names: their lore and meaning*. New York: Dover, 1963.
- ARATUS. Phaenomena. In: MAIR, A. W.; MAIR, G. R. (trad.). *Callimachus, Hymns and Epigrams. Lycophron. Aratus*. London: William Heinemann, 1921. (Loeb Classical Library, vol. 129). Disponível em:
<<http://www.theoi.com/Text/AratusPhaenomena.html>>. Acesso em: 08 ago. 2013.
- BALL, R. S. *Atlas of Astronomy*. New York: D. Appleton & Company, 1892.
- BARNARD, E. E. Catalogue of 349 Dark Objects in the Sky. In: FROST, E. B.; CALVERT, M. R. (ed.). *Photographic Atlas of Selected Regions of the Milky Way*. Washington: Carnegie Institution of Washington, 1927.
- BARTON, S.; BARTON, W. *Guide to the constellations*. New York: McGraw-Hill Book Company, 1943.
- BERTRAND, J. *Fundadores da astronomia moderna*. Rio de Janeiro: Contraponto, 2008.
- BODE, J. E. *Uranographia Sive Astrorum Descriptio....* Berlin: Autore, 1801.
- CALLATAY, V. *Atlas of the sky*. New York: Macmillan & Co Ltda., 1958.
- CIERA, F. A. *Atlas Celeste / Arranjado por Flamsteed*. Lisboa: Imprensa Régia, 1804.
- COPÉRNICO, N. *Revoluções dos orbes celestes*. Lisboa: Fundação Calouste Gubbenkian, 1984.
- COLLESS, M. *et al.* The 2dF Galaxy Redshift Survey: spectra and redshifts. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 328, p. 1039-1063, 2001.
- CRAGIN, M. *et al.* *Deep Sky Field Guide to Uranometria 2000.0*. Richmond: Willmann-Bell, 1993.
- DELPORTE, E. *Délimitation Scientifique des Constellations*. Cambridge: Cambridge University Press, 1930.

- DERHAM, W. Observations of the Appearance among the Fix'd Stars, called Nebulous Stars. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 38, p. 70-74, 1733.
- DREYER, J. L. E. Supplement to Sir John Herschel's "General Catalogue of Nebulae and Clusters of Stars". *Royal Irish Academy Transactions*, 26, p. 381-426, 1877.
- _____. New General Catalogue of Nebulae and Clusters of Stars, being the Catalogue of the late Sir John F. W. Herschel, Bart, revised, corrected, and enlarged. *Memoirs of the Royal Astronomical Society*, 1888.
- _____. Index Catalogue of Nebulae Found in the Years 1888 to 1894, with Notes and Corrections to the New General Catalogue. *Memoirs of the Royal Astronomical Society*, p. 185-228, 1895.
- _____. *History of the planetary systems from Thales to Kepler*. Cambridge: Cambridge University Press, 1906.
- _____. Second Index Catalogue of Nebulae Found in the Years 1895 to 1907; with Notes and Corrections to the New General Catalogue and to the Index Catalogue for 1888 to 1894. *Memoirs of the Royal Astronomical Society* 59, p. 105-198, 1908.
- _____. *Scientific Papers of Sir William Herschel*. Londres: Royal Society and Royal Astronomical Society, 1912. 2 v.
- DUNLOP, J. Catalogue of Nebulae and Clusters of Stars in the Southern Hemisphere, Observed at Paramatta in New South Wales. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, p. 113-151, 1828.
- ESA. *Hipparcos and Tycho Catalogues*. Noordwijk: European Space Agency Publications Division, 1997. 17 v.
- FEYERABEND, P. *Contra o método*. Tradução de Octanny S. da Mota e Leonidas Hegenberg. Rio de Janeiro: F. Alves, 1977.
- FLAMMARION, C. *Astronomie populaire: description générale du ciel*. Paris: C. Marpon & E. Flammarion Éditeurs, 1880.
- FLAMSTEED, J. *Historia Coelestis Britannica*. Londres: H. Meere, 1725. 3 v.
- _____. *Atlas Coelestis*. London: Edited by Margaret Flamsteed and James Hodgson, 1729.
- FORTIN, J. *Atlas Céleste de Flamstéed, approuve par l'Académie Royale des Sciences, et publié sous le privilege de cette Compagnie. Seconde Édition*. Paris: Chez F.G. Deschamps, 1776.
- FRANCOEUR, L.B. *Uranographie ou Traité Élémentaire D'Astronomie*. Paris: Imprimerie de Mallet-Bachelier, 1853.

- GALILEI, G. *Sidereus Nuncius*. Veneza: na residência de Thomas Baglioni, 1610.
Baseado na versão de Edward Stafford Carlos (London: Rivingtons, 1880), editada e corrigida por Peter Barker (Oklahoma City: Byzantium Press, 2004).
- GELLER, M. J.; HUCHRA, J. P. Mapping the Universe. *Science*, 246, p. 897-903, 1989.
- GOTT III, J. R. *et al.* A Map of the Universe. *The Astrophysical Journal*, 624, p. 463-484, 2005.
- GOULD, B.A. Uranometría Argentina, Catálogo y Atlas (1877). Posiciones y brillos de 7756 estrellas más brillantes que magnitud 7.0, ubicadas dentro de los 100° del pólo sur (1875.0). In: RESULTADOS del Observatorio Nacional Argentino, v. I. Buenos Aires: Imprenta de Pablo Emile Coni, 1879.
- HALLEY, E. Account of several Nebulae or lucid Spots like Clouds, lately discovered among the Fixt Stars by help of the Telescope. *Philosophical Transactions of Royal Society*, 29, p. 390-392, 1716.
- _____. Considerations on the Change of the Latitudes of Some of the Principal Fixt Stars. *Philosophical Transactions of Royal Society*, 30, p. 736-738, 1718.
- HERÓDOTO. *História*, 2006. Traduzido do grego por Pierre Henri Larcher (1726–1812), versão para o português de J. Brito Broca. Disponível em: <http://www.ebooksbrasil.org/adobeebook/historiaherodoto.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2013.
- HERSCHEL, J. General catalogue of nebulae and clusters of stars. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 154, p. 1-137, 1864.
- HERSCHEL, W. Catalogue of double stars. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 72, p. 112-162, 1782.
- _____. Catalogue of one thousand new nebulae and clusters of stars. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 76, p. 457-499, 1786.
- _____. Catalogue of a second thousand of new nebulae and clusters of stars; with a few introductory remarks on the construction of the heavens. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 79, p. 212-255, 1789.
- _____. On nebulous stars, properly so called. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 81, p. 71-88, 1791.
- _____. Catalogue of 500 new nebulae, nebulous stars, planetary nebulae, and clusters of stars; with remarks on the construction of the heavens. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 92, p. 477-528, 1802.

- HEVELIUS, J. *Star Atlas*. Edited with an introduction by V. P. Shcheglov. Tashkent: “FAN” Press Uzbek SSR, 1970.
- HIRSHFELD, A. *et al. Sky catalogue 2000.0, Volume 1: Stars to Magnitude 8.0* (2nd ed.). Cambridge: Cambridge University Press, 1991.
- HIRSHFELD, A.; SINNOTT, R. W. *Sky Catalogue 2000.0 Volume 2: Double Stars, Variable Stars and Nonstellar Objects*. Cambridge: Cambridge University Press, 1985.
- HUBBLE, E.P. Cepheids in spiral nebulae. *Popular Astronomy*, 33, p. 252-255, 1925.
- _____. A relation between distance and radial velocity among extra-galactic nebulae. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 15, p. 168-173, 1929.
- _____. *Realm of the Nebulae*. New York: Dover Publications, 1958.
- HUGGINS, W. Further observations on the spectra of some of the stars and nebulae, with an attempt to determine therefrom whether these bodies are moving towards or from the Earth, also Observations on the Spectra of the Sun and of Comet II. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 158, p. 529-564, 1868.
- HUGGINS, W.; MILLER, W.A. On the spectra of some of the fixed stars. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 154, p. 413-435, 1864a.
- _____. On the spectra of some of the nebulae. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 154, p. 437-444, 1864b.
- JANSKY, K. Directional studies of atmospherics at high frequencies. *Proceedings of the Institute of Radio Engineers*, 20, p. 1920-1932, 1932.
- _____. Electrical Disturbances Apparently of Extraterrestrial Origin. *Proceedings of the Institute of Radio Engineers*, 21, p. 1387-1398, 1933.
- JESUS, J. C. S. *Estranhas observações celestes nos séculos XVI e XVII – cometas ou supernovas?* . Lisboa: Biblioteca Nacional de Lisboa, 2004. Transcrição Paleográfica e Edição.
- JONES, K. G. Observational basis for Kant’s Cosmogony: a critical analysis. *Journal for the History of Astronomy*, 2, p. 29-34, 1971.
- KANT, I. *Universal Natural History and Theory of the Heavens*. Translated by Ian Johnston. [Canadá]: Vancouver Island University, 2008. Disponível em: <http://records.viu.ca/~johnstoi/kant/kant2e.htm>. Acesso em: 23 ago. 2011.
- KEELER, J. E. *Photographs of nebulae and clusters made with the Crossley reflector*. Sacramento: Publications of the Lick Observatory, 1908. Vol. 8.

- LACAILLE, N. L. Sur les étoiles nébuleuses du ciel austral. *Mémoires de l'Académie Royale pour 1755*, p. 194-199, 1755.
- _____. *Coelum Australe Stelliferum: Seu Observationes Ad Construendum Stellarum Australium Catalogum Instituta in Africa ad Caput Bonae-Spei*. Paris: Sumptibus Hipp. Lud. Guerin & Lud. Fr. Delatour, 1763.
- _____. *Catalogue of 9766 stars in the southern hemisphere, for the beginning of the year 1750, from the observations of the Abbe Lacaille made at the Cape of Good Hope in the years 1751 and 1752*. Londres: Richard and John E. Taylor, 1847.
- MELLOTTE, P. J. Catalogue of star clusters shown on Franklin-Adams chart plates. *Memories of the Royal Astronomical Society*, 60, p. 175-186, 1915.
- _____. New nebulae shown on Franklin-Adams Chart plates. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 86, p. 636-638, 1926.
- MENZEL, D. H. *Guia de campo de las estrellas y los planetas de los hemisferios norte y sur*. Barcelona: Ediciones Omega, 1967.
- MENZEL, D. H.; PASACHOFF, J. M. *Guia de campo de las estrellas y los planetas de los hemisferios norte y sur*. Barcelona: Ediciones Omega, 1986.
- MESSIER, C. Catalogue des nébuleuses & des amas d'étoiles. *Connaissance des Temps for 1784*, p. 227-267, 1781 .
- MILHAM, W. I. *How to identify the stars*. New York: Macmillan Company, 1909.
- MOURÃO, R. R. F. *Atlas celeste*. Rio de Janeiro: Vozes, 1981.
- _____. *Carta Celeste do Brasil: nova edição atualizada*. Rio de Janeiro: Bertrand, [1994?].
- NEWTON, I. *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*. Reprinted by Robert Maclehose, published by James Maclehose, Glasgow, Publisher to the University, 1871.
- NORTON, A. P. *Norton's star atlas & telescopic handbook [epoch 1920.0]*. Londres: Gall & Inglis, 1910.
- _____. *Norton's star atlas & telescopic handbook [epoch 1950.0]*. Londres: Gall & Inglis, 1959.
- _____. *Norton's star atlas and reference handbook [epoch 1950.0]*. New York: Longman Scientific & Technical, 1978.
- _____. *Norton's 2000.0: star atlas and reference handbook [epoch 2000.0]*. New York: Longman Scientific & Technical, 1989.

- PARSONS, W. Observations on the Nebulae. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 140, p. 499-514, 1850.
- PECK, W. *Constellations and how to find them*. New York, Boston & Chicago: Silver, Burdett & Company, 1887.
- PEREIRA, P. R. *Três únicos testemunhos do descobrimento do Brasil*. Rio de Janeiro: Lacerda Editores, 1999.
- PICKERING, E. C. Draper Catalogue of stellar spectra photographed with the 8-inch Bache telescope as a part of the Henry Draper memorial. *Annals of Harvard College Observatory*, 27, p. 1-388, 1890.
- PROCTOR, R. A. *Star atlas for the library, the school and the observatory. Showing 6.000 stars and 1.500 objects of interest....* London: Longmans, Green & Co., 1874.
- _____. *Half-Hours with the Stars*. New York & London: G.P. Putnam's Sons, 1887.
- _____. *Easy Star Lessons*. New York & London: G.P. Putnam's Sons, 1894.
- PTOLEMAEUS, C. *Almagestum Opus ingens ac nobile omnes Celorum motus continens. Felicibus Astris eat in lucem*. Veneza: Petrus Lichtenstein, 1515.
- REES, M. *Constelações*. São Paulo: Duetto, 2008.
- REY, H. A. *Stars: a new way to see them*. Boston: Houghton Mifflin Company, 1988.
- RIDPATH, I.; TIRION, W. *Guía de las estrellas y los planetas de los hemisferios norte y sur*. Barcelona: Ediciones Omega, 1986.
- _____. *Guía celeste mensual*. Barcelona: Ediciones Omega, 1989.
- ROCHA, J. M. *Sistema físico-matemático dos cometas*. Rio de Janeiro: MAST, 2000.
- ROTH, G. D. *Guia de las estrellas y de los planetas: su conocimiento e identificacion*. Barcelona: Ediciones Omega, 1989.
- SCHLESINGER, F.; JENKINS, L. F. *Yale catalogue of Bright Stars 2nd edition*. New Haven: New Haven Printing Company, 1940.
- SCIENTIFIC AMERICAN BRASIL/ASTRONOMY. *Atlas do céu: uma introdução à noite estrelada*. São Paulo: Duetto, 2011.
- SCOVIL, C. E. *AAVSO variable star Atlas*. 2. ed. Cambridge: American Association of Variable Star Observers, 1990.
- SINNOTT, R. W. *NGC 2000.0: the complete New General Catalogue and Index Catalogues of Nebulae and Star Clusters by John Louis Emil Dreyer*. Cambridge: Sky Publishing Cooperation ; Cambridge University Press, 1988.
- SINNOTT, R. W.; PERRYMAN, M. *Millennium Star Atlas*. Noordwijk: Sky Publishing Cooperation ; European Space Agency, 1997. 3 v.

- SAO STAFF. *Smithsonian Astrophysical Observatory Star Catalog: Positions and Proper Motions of 258.997 Stars for the Epoch and Equinox of 1950.0*. Washington: Publications of the Smithsonian Institution, 1966. 4 v.
- TIRION, W. *Sky Atlas 2000.0*. Cambridge: Cambridge University Press, 1985.
- _____. *Sky Atlas 2000.0*. 2. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1998.
- _____. *Cambridge Star Atlas*. 3. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.
- TIRION, W.; RAPPAPORT, B.; LOVI, G. *Uranometria 2000.0 Volume I – The Northern Hemisphere to -6°*. Richmond: Willmann-Bell, 1987.
- _____. *Uranometria 2000.0 Volume II – The Southern Hemisphere to +6°*. Richmond: Willmann-Bell, 1988.
- TOOMER, G. J. *Ptolemy's Almagest – Translated and Annotated by G. J. Toomer*. Princeton: Princeton University Press, 1998.
- UPTON, W. *Star Atlas*. Boston & London: Ginn & Company, 1896.

Fontes Secundárias

- ABETTI, G. *Historia de la astronomia*. Cidade do México: Tezontle, 1992.
- ABRANTES, P. C. *Imagens de natureza, imagens de ciência*. Campinas: Papirus, 1998.
- ALBUQUERQUE, L. *Curso de história da náutica*. Coimbra: Livraria Almedina, 1972.
- _____. *Náutica e a ciência em Portugal: notas sobre as navegações*. Lisboa: Gradiva, 1989.
- ANDREWS, P. J. True Visual Magnitude Photographic Star Atlas. *The Observatory*, 102, p. 18-19, 1982.
- ARRUDA, J. J. A. *História moderna e contemporânea*. São Paulo: Ática, 1980.
- ASHWORTH, W. B. *Out of this world: the golden age of the celestial atlas*. Kansas City: Linda Hall Library, 1997.
- AUERBACH, A. W. *Structural constellations: excursus on the drawings of Josef Albers c. 1950–1960*. 2003. Tese - University College London, 2003.
- AUGHTON, P. *Story of astronomy: from babylonian stargazers to the search for the big bang*. Londres: Quercus, 2008.
- AVENI, A. *Conversando com os planetas: como a ciência e o mito inventaram o cosmo*. São Paulo: Mercuryo, 1993.

- AVILÉS, J. A. B. *Leyes del cielo: astronomia y civilizaciones antiguas*. Madrid: Temas de Hoy, 1999.
- BAKICH, M. E. *Cambridge guide to the constellations*. Cambridge: Cambridge University Press, 1995.
- BARROSO, G. *Brasil na lenda e na cartografia antiga*. São Paulo: Editora Nacional, 1941.
- BATTEN, A. H. Argelander and the Bonner Durchmusterung. *Journal of the Royal Astronomical Society of Canada*, 1, p. 43-50, 1991.
- BAUER, B.; DEARBORN, D. *Astronomy and Empire in the Ancient Andes*. Austin: University of Texas, 1995.
- BECKER, B. J. *Eclecticism, opportunism, and the evolution of a new research agenda: William and Margaret Huggins and the Origins of Astrophysics*. 1993. Tese - Johns Hopkins University, 1993.
- BERRY, A. *Short history of astronomy: from earliest time through the nineteenth century*. New York: Dover, 1961.
- BLAAUW, A. *History of the IAU: the birth and the first half-century of the International Astronomical Union*. Dordrecht: Kluwer, 1994.
- BOCZKO, R. *Conceitos de astronomia*. São Paulo: Edgard Blücher, 1984.
- BORTLE, J. E. Introducing the Bortle Dark-Sky Scale. *Sky & Telescope*, 2, p. 126-129, 2001.
- BOWDITCH, N. *American practical navigator*. Bethesda: National Imagery and Mapping Agency, 2002.
- BROWN, B. *Astronomical atlas, maps and charts*. Londres: Search Publishing, 1932.
- BRUSH, S. G. *Kind of motion we call heat: a history of the kinetic theory of gases in the 19th century*. Amsterdam, New York & Oxford: North-Holland Publishing Company, 1976.
- _____. *History of modern planetary physics - Fruitful Encounters: Volume 3. The Origin of the Solar System and of the Moon from Chamberlin to Apollo*. Cambridge: Cambridge University Press, 1996.
- BRYANT, W. W. *History of astronomy*. Londres: Methuen & Co., 1907.
- BUENO, E. *Viagem do descobrimento*. Rio de Janeiro: Objetiva, 1998.
- BURNHAM, P. *Celestial images: Antiquarian astronomical charts and maps from the Mendillo collection*. Boston: Boston University Art Gallery, 2005. p. 11-15.
- CALMON, P. *História do Brasil*. Rio de Janeiro: J. Olympio, 1963.

- CAPOZZOLI, U. Mestre João observa o céu e faz o primeiro registro de ciência. *Scientific American Brasil*, 1, p. 10-23, 2009. (Edição especial História da ciência no Brasil 1: abertura para o conhecimento: de 1500 a 1920: do Cruzeiro do Sul à conquista do ar).
- CARVALHO, J. P. M. *Odisséia no tempo: introdução à história da Astronomia*. Porto: Universidade do Porto, 2000.
- CARVALHO, R. *Astronomia em Portugal no século XVIII*. Lisboa: Instituto de Cultura e Língua Portuguesa, 1985.
- CHAPMAN, D. M. F. Reflections: F.W.A. Argelander - Star Charts and Variable Stars. *Journal of the Royal Astronomical Society of Canada*, 93, p. 17-18, 1999.
- CHRISTIANSON, J. R. *On Tycho's island: Tycho Brahe and his assistants, 1570-1601*. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.
- CLERKE, A. M. *Popular history of astronomy during the nineteenth century*. Londres: Adam & Charles Black, 1893.
- _____. *Herschels and modern Astronomy*. Londres: Cassell & Company, 1895.
- CONGREGADO, L. A. *Arte y astronomía: evolución de los dibujos de las constelaciones*. 1991. Tese - Universidad Complutense de Madrid, 1991.
- CORNELIUS, G. *Starlore handbook: an essential guide to the night sky*. São Francisco: Chronicle Books, 1997.
- CORNELIUS, G.; DEVEREUX, P. *Secret language of the stars and planets*. São Francisco: Chronicle Books, 1996.
- COSTELLA, A. F. *Breve história ilustrada da xilogravura*. Campos do Jordão: Editora Mantiqueira, 2003.
- CROSSEN, C.; TIRION, W. *Binocular astronomy*. Richmond: Willmann-Bell Inc., 1992.
- CROWE, M. J. *Modern theories of the universe from Herschel to Hubble*. New York: Dover Publications, 1994.
- _____. *Theories of the world from antiquity to the Copernican Revolution Second Revised Edition*. New York: Dover Publications, 2001.
- DEKKER, E. Caspar Vopel's Ventures in Sixteenth-Century Celestial Cartography. *Imago Mundi*, 62, p. 161-190, 2010. Part 2.
- _____. *Illustrating phaenomena: celestial cartography in antiquity and the middle ages*. Oxford: Oxford University Press, 2013.

- DELERUE, A. *Rumo às estrelas: guia prático para observação do céu*. Rio de Janeiro: J. Zahar, 1999.
- DEUTSCHE WELLE STAFF. *Bronze Age Sky Disc Deciphered, 2006*. Disponível em: <<http://www.dw.de/bronze-age-sky-disc-deciphered/a-1915398>>. Acesso em: 01 jun. 2013.
- DOIG, P. *Concise history of astronomy*. London: Chapman & Hall Ltd., 1950.
- EICHER, D. J. *Universe from your backyard: a guide to deep-sky objects from astronomy magazine*. Cambridge: Cambridge University Press, 1989.
- EICHHORN, H. *Astronomy of star positions: a critical investigation of star catalogues, the methods of their construction, and their purpose*. New York: Frederick Ungar Editor, 1974.
- EISENSTEIN, E. *Printing press as an agent of change: communications and cultural transformations in early modern Europe*. Cambridge: Cambridge University Press. 1979. 2 v.
- EVANS, J. *History and practice of ancient astronomy*. New York: Oxford University Press, 1998.
- ÉVORA, F. R. R. *Revolução copernicana-galileana: origem, significado e inserção na história do pensamento científico-filosófico antigo e medieval*. 1987. Dissertação - Universidade do Rio de Janeiro, 1987.
- _____. *Revolução copernicana-galileana*. Campinas: UNICAMP, 1988.
- FORBES, G. *History of astronomy*. New York: G.P. Putnam's Sons, 1909.
- FROMMERT, H.; KRONBERG, C. *History of the discovery of the deep sky objects*, 2007. Disponível em: <<http://messier.seds.org/xtra/history/deepskyd.html>>. Acesso em: 26 abr. 2013.
- _____. *Charles Messier's Catalog of Nebulae and Star Clusters*, 2011. Disponível em: <<http://messier.seds.org/xtra/history/m-cat.htm>>. Acesso em: 30 abr. 2013.
- GASCOIGNE, B. *How to identify prints: a complete guide to manual and mechanical processes from woodcut to Inkjet*. 2 ed. New York: Thames & Hudson, 2004.
- GINGERICH, O. Piccolomini's star atlas. *Sky and Telescope*, 62, p. 532-534, 1981.
- _____. *Eye of heaven: Ptolemy, Copernicus, Kepler*. New York: American Institute of Physics, 1993.
- GLENN, J. *Divine sky: the artistry of astronomical maps*, 2009. Disponível em: <<http://www.lib.umich.edu/divine-sky-artistry-astronomical-maps/index.html>>. Acesso em: 16 jan. 2013.

- GOLDFARB, A. M. A. *Que é história da ciência*. São Paulo: Brasiliense, 2004.
- HANKINS, T. L. *Science and the enlightenment*. Cambridge: Cambridge University Press, 1985.
- HARLEY, J. B.; WOODWARD, D. *Cartography in the traditional islamic and south asian societies*. Chicago: University of Chicago Press, 1992.
- _____. *Cartography in the traditional east and southeast asian societies*. Chicago: University of Chicago Press, 1994.
- HARMAN, P. M. *La revolucion científica*. Barcelona: Editora Critica, 1987.
- HARTNER, W. Earliest history of the constellations in the near east and the Motif of the Lion-Bull Combat. *Journal of Near Eastern Studies*, 24, p. 1-16, 1965.
- HEARD, J. F. Review of Publications: Skalnate Pleso Atlas of the Heavens by A. Becvar. *Journal of the Royal Astronomical Society of Canada*, 43, p. 111-113, 1949.
- HENRY, J. *Revolução científica e as origens da ciência moderna*. Rio de Janeiro: J. Zahar, 1998.
- HETHERINGTON, N. S.; CRAY, W. P. M. *Cosmic journey: a history of scientific cosmology*, 2011. Disponível em:
 <<http://www.aip.org/history/cosmology/index.htm>>. Acesso em: 05 jun. 2013.
- HINGLEY, P. D. Urania's Mirror – a 170-year old mystery solved? *Journal of the British Astronomical Association*, 104, p. 238-240, 1994.
- HOLDEN, E. S. *Sir William Herschel: his life and works*. New York: Charles Scribner's Sons, 1881.
- HOLLANDA, S. B. *História da civilização*. São Paulo: Nacional, 1974.
- HOSKIN, M. *William Herschel and the construction of the heavens*. Londres: Oldbourne, 1963.
- _____. *Cambridge illustrated history of astronomy*. Cambridge: Cambridge University Press, 1997.
- _____. *Cambridge concise history of astronomy*. Cambridge: Cambridge University Press, 1999.
- HOYLE, F. *De Stonehenge a la cosmologia contemporanea; Nicolas Copernico: un ensayo sobre su vida y su obra*. Madrid: Alianza Editorial, 1982.
- JALLES, C.; IMAZIO, M. *Olhando o céu da pré-história: registros arqueoastronômicos no Brasil*. Rio de Janeiro: MAST, 2004.

- JARDINE, N. *Birth of history and philosophy of science: Kepler's a defence of Tycho against Ursus with essays on its provenance and significance*. Cambridge: Cambridge University Press, 1984.
- JOHNSTON, P.A. *Celestial Images – Astronomical Charts from 1500 to 1900*. Boston: Boston University Art Gallery, 1985.
- KANAS, N. *Alessandro Piccolomini and the First Printed Star Atlas (1540)*. *Imago Mundi*, 58, p. 70-76, 2006.
- _____. *Star maps: history, artistry, and cartography*. Chichester: Springer Praxis Books, 2007.
- KEENAN, P. C. Atlas céleste by E. Delporte: review. *Astrophysical Journal*, 75, p. 68, 1932.
- KILBURN, K. J. Tycho's Star and the supernovae of Uranographia Britannica. *Astronomy & Geophysics*, 42, p. 216-217, 2001.
- KILBURN, K. J.; PASACHOFF, J. M.; GINGERICH, O. The Forgotten Star Atlas: John Bevis's Uranographia Britannica. *Journal for the History of Astronomy*, 34, p. 125-144, 2003.
- KING, H. C. *The History of the Telescope*. Cambridge: Sky Publishing, 1955.
- KNOBEL, E. B. On Frederick de Houtman's catalogue of southern stars, and the origin of the southern constellations. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 77, p. 414-432, 1917.
- KODAK. Sensitometry. *Kodak Publication No. P-9 - plates and films for science and industry*. Rochester: Eastman Kodak Company, 1967.
- KOLLERSTROM, N. Mapless in Cambridge. In: *NEPTUNE'S discovery: the british case for co-prediction*, 2001. Disponível em: <<http://www.dioi.org/kn/neptune/mapl.htm>>. Acesso: em 20 fev. 2013.
- _____. An hiatus in history: the british claim for Neptune's co-prediction, 1845-1846. *Hist. Sci.*, xlv, 2006. Disponível em: <<http://www.dioi.org/kn/neptunestory.pdf>>. Acesso: em 02 fev. 2012.
- KRAGH, H. *An introduction to the historiography of science*. Cambridge: Cambridge University Press, 1989.
- KRESAK, L. Becvar's atlases. Tradução de Lubos Neslusan. *Kozmos XIV*, n. 5, p. 147, 1983. Disponível em: <http://www.ta3.sk/public_relation/becvar/atlas.html>. Acesso em: 13 set. 2010.

- KUHN, T. S. *La revolucion copernicana: la astronomia planetaria en el desarrollo del pensamiento occidental*. Barcelona: Ariel, 1985.
- _____. *A estrutura das revoluções científicas*. São Paulo: Perspectiva, 2007.
- KUNITZSCH, P. A medieval reference to the Andromeda Nebula. *The Messenger*, 49, p. 42-43, 1987.
- LACHIEZE-REY, M.; LUMINET, J-P. *Celestial treasury: from the music of the spheres to the conquest of space*. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.
- LEITÃO, H. *Estrelas de papel: livros de astronomia dos séculos XIV a XVIII*. Lisboa: Biblioteca Nacional de Portugal, 2009.
- LOVI, G. Uranography yesterday and today. *Uranometria 2000.0*, 2 v. Richmond: Willmann-Bell, 1987.
- MACPHERSON, H. *A century's progress in astronomy*. Edinburgh: William Blackwood & Sons, 1906.
- MAUNDER, E. W. *Sir William Huggins and Spectroscopic Astronomy*. Londres: T.C. & E.C. Jack, 1913.
- MIGUENS, A. P. *Navegação: a ciência e a arte*. Rio de Janeiro: DHN, 1999.
- (Navegação astronômica e derrotas, v. 2).
- MINHAN, J. *Constelações e nebulosas*. São Paulo: Logos, 1961.
- MOORE, S. L. Observing the cat's eye nebula. *Journal of the British Astronomical Association*, 117, p. 279-280, 2007.
- MORRISON, J. E. *The Astrolabe*. Tallmadge: S. D. Myers Publishing Services, 2007.
- MOUCHEZ, A. E. *La photographie astronomique à l'Observatoire de Paris et la carte du ciel*. Paris: Gauthier-Villars, 1887.
- MOURÃO, R. R. F. *Explicando a astronomia e o poder religioso*. Rio de Janeiro: Ed. Tecnoprint, 1987.
- _____. A leitura do céu. *Superinteressante – Especial Cursos*, 1, p. 10-16, 1989.
- _____. *Dicionário enciclopédico de astronomia e astronáutica*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1995.
- _____. *A astronomia na época dos descobrimentos*. Rio de Janeiro: Lacerda, 2000a.
- _____. *O céu dos navegantes: astronomia na época das descobertas*. Cascais: Pergaminho, 2000b.
- _____. *Dicionário das descobertas*. Cascais: Pergaminho, 2001.
- _____. *Kepler: a descoberta das leis do movimento planetário*. São Paulo: Odysseus Editora, 2003.

- _____. *Copérnico: pioneiro da revolução astronômica*. São Paulo: Odysseus, 2004.
- NESTLEHNER, W. O céu que a gente não vê. *Superinteressante*, 11, p. 84-87, 1999.
- OLCOTT, W. T. *Star lore of all ages: a collection of myths, legends, and facts concerning the constellations of the Northern Hemisphere*. New York & London: G.P. Putnam's Sons, 1911.
- OLIVEIRA, K.; SARAIVA, M. F. *Astronomia e astrofísica*. 2. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2004. Disponível em: <<http://astro.if.ufrgs.br/index.htm>>. Acesso em: 22 jun. 2013.
- PANNEKOEK, A. *A history of astronomy*. New York: Dover Publications, 1961.
- PAOLANTONIO, S.; MINNITI, E. *Uranometria Argentina 2001: historia del Observatorio Nacional Argentino*. Córdoba: Editora da Universidad Nacional de Córdoba, 2001.
- PEIRCE, C. S. *Semiótica*. São Paulo: Perspectiva, 2010.
- PELEGRINI, C. H. O significado contemporâneo da teoria matemática da comunicação. *Caderno.Com*, São Caetano do Sul, v. 4, n. 2, 2º sem. 2009.
- PIETROFORTE, A. V. *Semiótica visual: os percursos do olhar*. São Paulo: Contexto, 2004.
- POPPER, K. R. *Conjecturas e refutações (o progresso do conhecimento científico)*. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1982.
- RAPPENGLÜCK, M. A. The Pleiades in the “Salle des Taureaux”, Grotte de Lascaux. Does a Rock Picture in the Cave of Lascaux Show the Open Star Cluster of the Pleiades at the Magdalenian era (ca. 15.300 B.C.)? In: JASCHEK, C.; BARANDELA, A. (eds.). *Proceedings of the 4th annual meeting of the European Society for Astronomy and Culture (SEAC) "Astronomy and Culture"*. Salamanca, 1996. p. 217-225.
- _____. The anthropoid in the Sky: Does a 32.000 years old ivory plate show the constellation Orion combined with a pregnancy calendar? In: *Proceedings of the 9th annual meeting of the European Society for Astronomy and Culture (SEAC) "Symbols, calendars and orientations: legacies of astronomy in culture"*, Uppsala Astronomical Observatory, Stockholm, 59, p. 51-55, 2003.
- RAYMOND, P. *A história e as ciências*. Porto: Res Editora, 1979.
- RÉ, P. Amédée Mouchez (1821-1892) e o Projeto “Carte du Ciel”. *Astronomia de Amadores: revista da Associação Portuguesa de Astrónomos Amadores*, n. 36, 2009.

- Disponível em: <http://www.astrosurf.com/re/carte_du_ciel.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2010.
- _____. *History of Astrophotography*. Disponível em: <http://www.astrosurf.com/re/history_astrophotography_PRe.pdf>. Acesso em: 02 set. 2010.
- _____. David Gill (1834-1914) e o Cape Photographic Durchmusterung (CPD). *Astronomia de Amadores: revista da Associação Portuguesa de Astrónomos Amadores*, n. 38, 2010. Disponível em <http://www.astrosurf.com/re/david_gill_CPD.pdf>. Acesso em 15 ago. 2010.
- REICHEN, C. A. *História da astronomia*. Lausanne: Livraria Morais Editora, 1966.
- REIS, A. E. Primórdios da navegação astronômica no Atlântico. In: HISTÓRIA da ciência: o mapa do conhecimento. Rio de Janeiro: Expressão e Cultura, 1995.
- RESENDE, M. E. L.; MORAES, A. M. *História fundamental da civilização*. Belo Horizonte: Vigília, 1981.
- RIDPATH, I. *Star Tales*. New York: Universe Books, 1988.
- _____. Alexander Jamieson, celestial map maker. *Astronomy & Geophysics*, 54, p. 1.22-1.23, 2013. Disponível em: <<http://astrogeo.oxfordjournals.org/content/54/1/1.22.full.pdf+html>>. Acesso em: 25 jul. 2013.
- ROSA, L. P. *Tecnociências e humanidades: novos paradigmas, velhas questões*. São Paulo: Paz e Terra, 2005.
- ROSENFELD, R. S. *Celestial maps and globes and star catalogues of the sixteenth and early seventeenth centuries*. 1980. Tese - New York University, 1980.
- ROSSI, P. *A ciência e a filosofia dos tempos modernos: aspectos da revolução científica*. São Paulo: UNESP, 1992.
- _____. *O nascimento da ciência moderna na Europa*. Bauru: EDUSC, 2001.
- SANTAELLA, L. *O que é semiótica*. São Paulo: Brasiliense, 2005.
- SCHAEFER, B. E. The epoch of the constellations on the Farnese atlas and their origin in Hipparchus' lost catalogue. *Journal for the History of Astronomy*, 36, p. 167-196, 2005.
- _____. A origem das constelações gregas. *Scientific American Brasil*, 14, p. 14-23, 2006. (Edição Especial Etnoastronomia).

- SEE, T. J. J. Historical researches indicating a change in the color of Sirius between the epochs of Ptolemy. 138, and of Al Sûfi, 980, A. D. *Astronomische Nachrichten*, 229, p. 245-272, 1927.
- SERIO, G. F.; INDORATO, L.; NASTASI, P. G. B. Hodierna's observations of nebulae and his cosmology. *Journal for the History of Astronomy*, 16, p. 1-36, 1985.
- SHANNON, C. E. A mathematical theory of communication. *The Bell System Technical Journal*, v. 27, p. 379–423, 623–656, jul.-out. 1948.
- SHEA, W. R. *Science and the visual image in the enlightenment*. Canton: Science History Publications, 2000.
- SILVA, G. A. A evolução da cartografia celeste entre os séculos XV e XIX. In: CONGRESSO EM HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS E DAS TÉCNICAS E EPISTEMOLOGIA - Scientiarum Historia, 1., 2008. *Anais...* Rio de Janeiro, Brasil, 2008a.
- _____. A primeira observação astronômica realizada em território brasileiro. In: CONGRESSO EM HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS E DAS TÉCNICAS E EPISTEMOLOGIA, 1., 2008. *Anais...* Rio de Janeiro, Brasil, 2008b.
- _____. *A evolução da cartografia celeste entre os séculos XV e XIX*. Dissertação - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009a.
- _____. A Idade de Ouro dos atlas celestes: uma reflexão sobre a importância do telescópio na evolução dos atlas celestes nos séculos XVII e XVIII. In: CONGRESSO EM HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS E DAS TÉCNICAS E EPISTEMOLOGIA, 2., 2009. *Anais...* Rio de Janeiro, 2009b.
- _____. Os critérios usados na escolha e agrupamento das estrelas náuticas. In: CONGRESSO EM HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS E DAS TÉCNICAS E EPISTEMOLOGIA, 3., 2010. *Anais...* Rio de Janeiro, Brasil, 2010a.
- _____. *O diagrama Hertzsprung-Russell, a União Astronômica Internacional e a lista de abreviaturas das constelações*. Rio de Janeiro, 2010b. Palestra proferida no 3º ENBOGRET (Encontro de Bolso do Grupo dos Eféreos), realizado no CBPF (Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas) em 17 ago. 2010.
- _____. Século XIX – a belle époque da cartografia celeste. In: CONGRESSO EM HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS E DAS TÉCNICAS E EPISTEMOLOGIA, 4., 2011. *Anais...* Rio de Janeiro, 2011a.

- _____. O Cruzeiro do Sul na cartografia celeste dos séculos XVI e XVII: evidências cartográficas ajudam a derrubar o mito de Royer. In: LIVRO de Actas do Congresso Luso-Brasileiro de História das Ciências. Coimbra, Portugal, 2011b. CD-ROM.
- _____. Descrições do céu austral nos séculos XV e XVI: o descobrimento do Brasil e a difusão do Cruzeiro do Sul. In: CONGRESSO EM HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS E DAS TÉCNICAS E EPISTEMOLOGIA, 5., 2012. *Anais...* Rio de Janeiro, 2012.
- _____. O Cruzeiro do Sul na cartografia celeste dos séculos XVI e XVII: evidências cartográficas ajudam a derrubar um mito. In: HISTÓRIA da Ciência LusoBrasileira: Coimbra entre Portugal e o Brasil. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra, 2013a.
- _____. Um breve panorama histórico sobre a observação e catalogação das nebulosas. In: CONGRESSO EM HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS E DAS TÉCNICAS E EPISTEMOLOGIA, 6., 2013. *Anais...* Rio de Janeiro, 2013b.
- _____. Astronomia do descobrimento: a difusão do Cruzeiro do Sul na cartografia quinhentista. In: HISTÓRIA da Astronomia no Brasil. Recife: Companhia Editora de Pernambuco, 2013. No prelo.
- SILVA, J. G. C. *Estatística experimental: planejamento de experimentos*. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2005. Versão preliminar.
- SNYDER, G. S. *Maps of the heavens*. New York: Abbeville Press, 1984.
- SOARES, L. C. O novo mundo e a revolução científica nos séculos XVI e XVII. In: HISTÓRIA da ciência: o mapa do conhecimento. Rio de Janeiro: Expressão e Cultura, 1995.
- _____. *Do novo mundo ao universo heliocêntrico: os descobrimentos e a revolução copernicana*. São Paulo: Hucitec, 1999.
- SOUSTELLE, J. *Os astecas na véspera da conquista espanhola*. São Paulo: Cia. das Letras, 1990.
- SOUZA, T. O. M. *Amerigo Vespucci e suas viagens*. São Paulo: Instituto Cultural Ítalo-Brasileiro, 1954.
- SPARAVIGNA, A. *The Pleiades: the celestial herd of ancient timekeepers*. eprint arXiv:0810.1592, out/2008. Disponível em: <<http://arxiv.org/abs/0810.1592>>. Acesso em: 31 out. 2012.
- STAAL, J. *The new patterns in the sky: myths and legends of the stars*. Virginia: McDonald & Woodward Publishing, 1988.

- STAUBERMANN, K. Exercising patience: on the reconstruction of F. W. Bessel's early star chart observations. *Journal for the History of Astronomy*, 37, n. 126, p. 19-36, fev. 2006.
- STEINICKE, W. *Observing and cataloguing Nebulae and star Clusters: from Herschel to Dreyer's new general catalogue*. Cambridge: Cambridge University Press, 2010.
- STEWART, R. M. Review of Publications: Atlas Céleste, E. Delporte. *Journal of the Royal Astronomical Society of Canada*, 25, p. 418-419, 1931.
- STOPPA, F. *Il cielo stellato nella scienza e nell'arte*. Milão: Salviati Editore, 2006.
- STOTT, C. *Cartas celestes: antigos mapas do céu*. Lisboa: Dinalivro, 1991.
- STRANO, G. Astronomia antes de Galileu. *Scientific American Brasil*, 33, p. 64-73, 2009. (Edição Especial Galileu).
- TÁRSIA, R.D. *Astronomia Fundamental*. Belo Horizonte: UFMG, 1993.
- THOMPSON, G.D. *Roman celestial globes*, 2006. Disponível em <<http://members.westnet.com.au/gary-david-thompson/page11-16.html>>. Acesso em 05 nov. 2012.
- _____. *Early constellations in China*, 2007. Disponível em <<http://members.westnet.com.au/Gary-David-Thompson/page11-24.html>>. Acesso em 29 mai. 2013.
- _____. *Early Chinese star maps*, 2007. Disponível em <<http://members.westnet.com.au/Gary-David-Thompson/page11-25.html>>. Acesso em 29 mai. 2013.
- THOREN, V.E. *The lord of Uraniborg: A biography of Tycho Brahe*. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.
- THROWER, N.J.W. (ed.) *The Three Voyages of Edmond Halley in the Paramore: 1698-1701*. In: *The Hakluyt Society Second Series*, 2 v., 157 (1981).
- TURNER, H.H. *Modern astronomy being some account of the revolution of the last quarter of a century*. Londres: Constable & Company Ltd, 1909.
- _____. *The great Star Map*. Londres: John Murray, 1912.
- VARGAS, M. A ciência no Renascimento. *Revista Ciência e Filosofia*, v. 2 p. 66-80, 1980.
- _____. A imagem do mundo e as navegações ibéricas. *Revista da SBHC*, v. 14, p. 81-96, 1995.
- VERDET, J.P. *O Céu, mistério, magia e mito*. Rio de Janeiro: Objetiva, 1987.
- _____. *Uma História da Astronomia*. Rio de Janeiro: J. Zahar, 1991.

- VIEIRA, J.A. *O Universo Complexo*. In: *Perspicillum*, 7 (nov. 1993), n. 1, p. 25-40.
- WARD, W.H. *The seal cylinders of Western Asia*. Washington: Carnegie Institution of Washington, 1910.
- WARNER, D.J. *The Sky Explored: Celestial Cartography 1500-1800*. Amsterdam: Theatrum Orbis Terrarum, 1979.
- WESLEY, W.G. *The Accuracy of Tycho Brahe's Instruments*. In: *Journal for the History of Astronomy*, 9 (1978), p. 42-53.
- WHITFIELD, P. *The Mapping of the Heavens*. London: British Library, 1995.
- WHYTE, C. *The constellations and their history*. Londres: Charles Griffin, 1928.
- ZANETIC, J. *A eclipse de Kepler e a parábola de Galileu*. São Paulo: IFUSP, 1989a.
- _____. *A revolução copernicana: antes, durante e depois*. São Paulo: IFUSP, 1989b.

Obras Gerais de Referência

- BURNHAM, R. *Burnham's celestial handbook: an observer's guide to the universe beyond the solar system*. New York: Dover Publications, 1978. 3 v.
- GILLISPIE, C.C. *Dictionary of scientific biography*. New York: Charles Scribner's Sons, 1970-1980. 16 v.
- RONAN, C.A. *História Ilustrada da Ciência*. Rio de Janeiro: J. Zahar, 1987. 4 v.

Sites Consultados

- AAGC_Historia_Constelaciones. Disponível em:
<http://www.astrosurf.com/aagc/gt_historia_constelaciones/historia.htm>. Acesso em 16 mar. 2012.
- Acurácia, precisão e exatidão. Disponível em:
<http://www.galileu.esalq.usp.br/mostra_topico.php?cod=84>. Acesso em: 16 fev. 2012.
- Anthony Auerbach: Joining the Dots. Disponível em:
<http://aauerbach.info/research/cartography/joining_the_dots.html>. Acesso em 30 ago. 2010.
- Antique Celestial Charts by Samuel Leigh. Disponível em:
<<http://www.philaprintshop.com/leigh.html>>. Acesso em: 02 set. 2010.

Astrofísica Histórica. Disponível em:

<<http://fcaglp.fcaglp.unlp.edu.ar/~egiorgi/cumulos/historica/>>. Acesso em: 16 ago. 2010.

Astronomiae instauratae mechanica – The Royal Library. Disponível em:

<http://www.kb.dk/en/nb/tema/webudstillinger/brahe_mechanica/introduktion.html>. Acesso em: 9 out. 2008.

Astronomia e Astrofísica. Disponível em <<http://astro.if.ufrgs.br/index.htm>>. Acesso em 22 jun. 2013.

astronomical and space photography: Information from Answers.com. Disponível em: <<http://www.answers.com/topic/astronomical-and-space-photography>>. Acesso em 02 set. 2010.

ASTRONOMICAL CATALOGS: entries in the Encyclopedia of Science. Disponível em: <http://www.daviddarling.info/encyclopedia/A/astronomical_catalogues.html>. Acesso em: 15 set. 2011.

Astrophotography - Wikipedia, the free encyclopedia. Disponível em:

<http://en.wikipedia.org/wiki/Astrophotography#cite_ref-3>. Acesso em: 30 jun. 2011.

Atlas Coelestis. Disponível em: <<http://www.atlascoelestis.com/>>. Acesso em: 10 maio 2008.

A Evolução Histórica da Cosmologia. Disponível em:

<<http://www.astro.iag.usp.br/~ronaldo/intrcosm/Notas/Cap1.pdf>>. Acesso em: 27 maio 2011.

A 17th Century astronomer on my twitter stream. | The Renaissance Mathematicus.

Disponível em: <<http://thonyc.wordpress.com/2012/01/31/a-17th-century-astronomer-on-my-twitter-stream/>>. Acesso em: 10 mar. 2012.

Becvar's atlases. Disponível em:

<http://www.ta3.sk/public_relation/becvar/atlas.html>. Acesso em: 13 set. 2010.

Biblioteca Nacional Digital: Brasil. Disponível em:

<<http://www.bn.br/bndigital/bibliotecasdigitais.htm>>. Acesso em: 29 ago. 2008.

Brasil azul. Disponível em: <<http://www.brasilazul.com.br/cartografia.asp>>. Acesso em: 21 out. 2007.

Bright Star Catalogue by Constellation. Disponível em:

<http://www.alcyone.de/bsc_by_constellation.html>. Acesso em: 06 jan. 2011.

Camões: revista de letras e culturas lusófonas. Disponível em: <www.institutocamoes.pt/revista/bandnavegant.htm>. Acesso em: 21 out. 2007.

Celestial Cartography – Maps of the Heavens. Disponível em:
<<http://www.berksastronomy.org/starcharts.htm>>. Acesso em 09 out. 2012.

Cellestial Globe at The Franklin Institute. Disponível em: < <http://www.fi.edu/learn/sci-tech/celestial-globe/celestial-globe.php?cts=space>>. Acesso em 12 out. 2013.

Centro de História das Ciências: Universidade de Lisboa. Disponível em:
<<http://chcul.fc.ul.pt/>>. Acesso em: 7 jun. 2008.

Charles Messier's Original Catalog. Disponível em:
<<http://messier.seds.org/xtra/history/m-cat.html>>. Acesso em: 28 jun. 2011.

Ciencia Hoy 40. Siguiendo el rastro del Choike, v. 7, n. 40, 1997. Disponível em:
<<http://www.cienciahoy.org.ar/hoy40/choike.htm>>. Acesso em: 18 jul. 2008.

Classical E-Text: ARATUS, PHAENOMENA. Disponível em
<<http://www.theoi.com/Text/AratusPhaenomena.html>>. Acesso em 08 ago. 2013.

Constellation boundaries. Disponível em:
<<http://www.ianridpath.com/boundaries.htm>>. Acesso em: 18 maio 2011.

Cosmic Journey: A History of Scientific Cosmology. Disponível em:
<<http://www.aip.org/history/cosmology/>>. Acesso em: 27 maio 2011.

Crux Austrails: o Cruzeiro do Sul – por Renato Silva Oliveira. Disponível em:
<http://www.asterdomus.com.br/Artigo_crux_australis.htm>. Acesso em: 18 jul. 2008.

David Rumsey Historical Map Collection. Disponível em:
<<http://www.davidrumsey.com/luna/servlet/RUMSEY~8~1>>. Acesso em: 21 set. 2010.

Dez telescópios que mudaram nossa visão sobre o Universo | Scientific American Brasil | Duetto Editorial. Disponível em:
<http://www2.uol.com.br/sciam/multimedia/dez_telescopios_que_mudaram_nossa_visa_o_sobre_o_universo.html>. Acesso em: 19 nov. 2011.

Diretoria de Hidrografia e Navegação. Disponível em:
<http://www.mar.mil.br/dhn/dhn/hist_origens.html>. Acesso em: 21 out. 2007.

Discovery of The Lost Star Catalog of Hipparchus on The Farnese Atlas - Press Release. Disponível em: <<http://www.phys.lsu.edu/farnese/>>. Acesso em: 31 jan. 2012.

ESA Science & Technology: Success Story. Disponível em:
<<http://sci.esa.int/education/13555-success-story/?fbodylongid=1036>>. Acesso em: 12 maio 2011.

Flamsteed - Fortin Atlas Celeste On-Line Celestial Atlas. Disponível em:
<http://web.infinito.it/utenti/c/caglieris_gm/fortin/english.htm>. Acesso em: 07 nov. 2010.

Half-Hours with the Stars. Disponível em:

<<http://www.gutenberg.org/files/23300/23300-h/23300-h.htm>>. Acesso em: 30 ago. 2010.

Hiparco (190 a.C. - 120 a.C.). Disponível em:

<<http://www.geocities.ws/saladefisica9/biografias/hiparco.html>>. Acesso em: 01 dez. 2011.

Historia de la Astronomía. Disponível em:

<<http://historiadelaastronomia.wordpress.com/>>. Acesso em: 05 nov. 2010.

History of Constellation and Star Names. Disponível em:

<<http://members.westnet.com.au/gary-david-thompson/page11.html>>. Acesso em 05 nov. 2012.

Hodierna. Disponível em <<http://www.orsapa.it/hodierna/hodierna.htm>>. Acesso em 08 ago. 2013.

HubbleSite: out of the ordinary... out of this world. Disponível em:

<<http://hubblesite.org/>>. Acesso em: 7 maio 2008.

Ian Ridpath's Star Tales: constellation mythology. Disponível em:

<<http://www.ianridpath.com/startales/contents.htm>>. Acesso em: 10 maio 2008.

IAU constellation list 1. Disponível em: <<http://www.ianridpath.com/iaulist1.htm>>.

Acesso em: 07 ago. 2010.

Important Astronomers, their Instruments and Discoveries 1. Disponível em:

<<http://arnett.us.com/psc/hist1.html>>. Acesso em: 23 jan. 2012.

International Astronomical Union. Disponível em:

<http://www.iau.org/public_press/themes/constellations/>. Acesso em: 19 ago. 2010.

ITINERARIO, VOYAGE OFTE SCHIPVAERT...NAER OOST OFTE

PORTUGAELS INDIEN...[bound with:] REYS-GHESCHRIFT VANDE

NAVIGATIEN DER PORTUGALOYSERS IN ORIENTEN...[bound with:]

BESCHRIJVINGE VANDE GANTSCHEN CUSTE VAN GUINEA, MANICONGO,

ANGOLA, MONOMOTAPA, ENDE TEGEN OVER DE CABO DE S. AUGUSTIJN

IN BRASILIEN.... , Jan Huygen van: Linschoten - William Reese - Specializing in

Americana and world travel, literary first editions, and antiquarian books of the 18th

through 21st centuries. Disponível em:

<<http://www.williamreese.com/shop/reese/WRCAM41708.html>>. Acesso em: 24 mar. 2011.

Jonathan Potter: mapmaking techniques. Disponível em:
<<http://www.jpmaps.co.uk/techniques>>. Acesso em: 27 jul. 2008.

Leander McCormick Observatory, Hall of Precision Astrometry. Disponível em:
<<http://www.astro.virginia.edu/~rjp0i/museum/index.html>>. Acesso em: 29 nov. 2011.

Les 88 constellations.. Disponível em: <<http://www.cosmovisions.com/constel.htm>>.
Acesso em: 21 jan. 2011.

LHL Digital Collections. Disponível em: <<http://lhldigital.lindahall.org/index.shtml>>.
Acesso em: 02 set. 2010.

Linda Hall Library: science, engineering and technology information for the world.
Disponível em <<http://www.lhl.lib.mo.us/>>. Acesso em 27 jun. 2007.

National Library of Australia. Disponível em: <<http://www.nla.gov.au/>>. Acesso em: 10 maio 2008.

Norton's Star Atlas - the editor's pages. Disponível em:
<<http://www.ianridpath.com/books/nortonpage.htm>>. Acesso em: 14 jul. 2011.

O Zodíaco de Dendera - portaldoastronomo.org. Disponível em:
<http://www.portaldoastronomo.org/tema_pag.php?id=18&pag=4>. Acesso em 30 out. 2012.

Ptak Science Books: Revolutionary New Way of Astronomical Observation: Radio Astronomy, 1932. Disponível em:
<<http://longstreet.typepad.com/thesciencebookstore/2011/03/r.html>>. Acesso em: 10 mar. 2011.

Publications, Books and CD-Rom's - Pedro Ré. Disponível em:
<<http://www.astrosurf.com/re/pdfs.html>>. Acesso em 15 ago. 2010.

Reflections: F.W.A. Argelander - Star Charts and Variable Stars. Disponível em:
<<http://adsabs.harvard.edu/abs/1999JRASC..93...17C>>. Acesso em: 31 jan. 2012.

Rodolfo Baggio Rappresentare il cielo. Disponível em:
<<http://www.iby.it/astro/astromap/astromaps.htm>>. Acesso em 02 abr. 2012.

Star Tales – Crux. Disponível em: <<http://www.ianridpath.com/startales/crux.htm>>.
Acesso em: 19 maio 2011.

Stielers Hand-Atlas, 1891. Disponível em:
<<http://www.maproom.org/00/09/index.php>>. Acesso em: 20 nov. 2010.

Telescópios - Características Físicas. Disponível em:
<<http://www.telescopiosastronomicos.com.br/caracteristicas.html#>>. Acesso em: 22 jan. 2012.

The American Practical Navigator - Wikisource, the free online library. Disponível em: <http://en.wikisource.org/wiki/The_American_Practical_Navigator>. Acesso em: 25 maio 2010.

The First Known Variable Stars. Disponível em: <<http://spider.seds.org/spider/Vars/vars.html>>. Acesso em: 31 jan. 2012.

The Great Atlas of the Sky - about atlas. Disponível em: <<http://www.greatskyatlas.com/>>. Acesso em: 10 fev. 2011.

The NGC / IC Project - Home of the Historically Corrected New General Catalogue (HCNGC) since 1993. Disponível em: <<http://www.ngcicproject.org/>>. Acesso em: 24 nov. 2011.

The Project Gutenberg eBook of Sir William Herschel, by Edward S. Holden. Disponível em: <<http://www.gutenberg.org/files/29031/29031-h/29031-h.htm>>. Acesso em: 15 jan. 2012.

The seal cylinders of western Asia :: AMAR Archive of Mesopotamian Archaeological Reports. Disponível em: <<http://amar.hsclib.sunysb.edu/cdm/compoundobject/collection/amar/id/2905>>. Acesso em 06 set. 2012.

The Wandering Cross. Disponível em: <<http://www.oocities.org/edovila/astro/SouthernCross.html>>. Acesso em: 19 maio 2011.

Thinking Outside the Sphere. Disponível em: <<http://sphere.lindahall.org/index.shtml>>. Acesso em: 27 maio 2011.

Unfinished Business: William Herschel's Sweeps for Nebulae. Disponível em: <<http://adsabs.harvard.edu/abs/2005HisSc..43..305H>>. Acesso em: 31 jan. 2012.

VizieR. Disponível em: <<http://vizier.u-strasbg.fr/cgi-bin/VizieR-2?-source=VII/110A>>. Acesso em: 16 fev. 2012.

Wikipedia: la enciclopedia libre – Américo Vespucio. Disponível em: <http://es.wikipedia.org/wiki/Am%C3%A9rico_Vespucio>. Acesso em: 18 jul. 2008.

WWW.ASTROBRIL.NL. Disponível em: <<http://www.astrobril.nl/index.html>>. Acesso em: 07 nov. 2010.

www.uranometriaargentina.com. Disponível em: <<http://www.uranometriaargentina.com/>>. Acesso em: 21 jul. 2010.

-=:=- PavoObs -=:=- Astronomy -=:=-. Disponível em: <<http://pavoobs.hu/index.php?page=pavo>>. Acesso em: 20 mar. 2011.

APÊNDICES

APÊNDICE A – SISTEMAS DE COORDENADAS ASTRONÔMICAS

Para determinar a posição de um astro no céu é necessário definir um sistema de coordenadas, e a escolha do sistema adequado a um dado problema astronômico é fundamental para a solução fácil e rápida do mesmo. Já que consideramos os astros situados sobre a superfície de uma esfera, é apropriado que utilizemos coordenadas angulares, com a posição do astro sendo determinada através de 2 ângulos: um medido sobre um plano fundamental e o outro num plano perpendicular ao primeiro.

Sistema de coordenadas equatoriais gerais

Esse sistema de referências utiliza como plano fundamental o plano do **equador celeste**, e um círculo horário passando pelo **Ponto Vernal** – que não é fixo em relação ao observador, participando dos movimentos aparentes da esfera celeste (ver Apêndice B). A posição de um astro nesse sistema é dada pelas coordenadas:

•Ascensão Reta (α): é o ângulo, medido ao longo do equador celeste, entre o círculo horário que passa pelo Ponto Vernal e o círculo horário que passa pelo astro. A contagem é efetuada no sentido anti-horário quando vista desde o pólo norte. Assim, teremos:

$$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$$

É mais comum, no entanto, a utilização da medida angular em horas:

$$0 \leq \alpha \leq 24\text{h}$$

•Declinação (δ): é o ângulo, medido ao longo do círculo horário, entre o equador celeste e o paralelo que passa pelo astro. Por convenção, a declinação é positiva para astros do hemisfério celeste norte e negativa para os do sul. Assim:

$$-90^\circ \leq \delta \leq +90^\circ$$

Sistema de coordenadas eclípticas

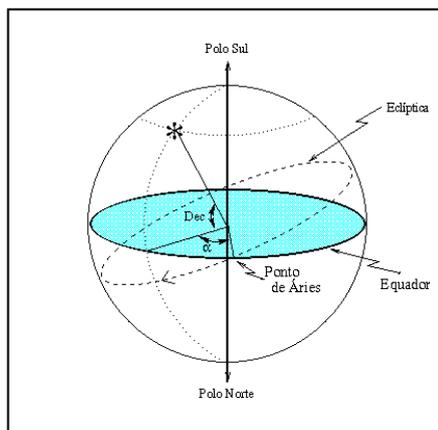
Utiliza como plano fundamental o plano da eclíptica, a partir do Ponto Vernal. As coordenadas de um astro nesse sistema são:

- Longitude Eclíptica (λ): é o ângulo, medido ao longo da eclíptica a partir do Ponto Vernal, no sentido do movimento aparente anual do Sol, até o **meridiano eclíptico** que passa pelo astro considerado. Assim:

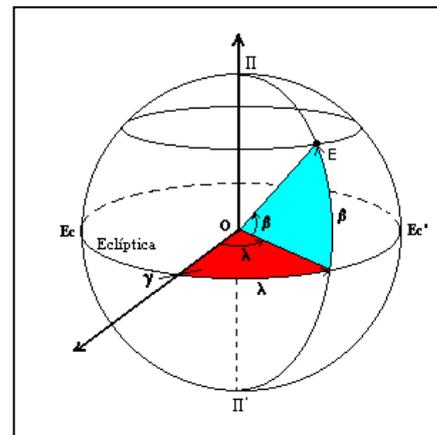
$$0^\circ \leq \lambda \leq 360^\circ$$

- Latitude Eclíptica (β): é o ângulo, medido ao longo do meridiano eclíptico, entre a eclíptica e o paralelo que passa pelo astro. É considerada positiva para astros do hemisfério eclíptico norte, e negativa para os do sul. Logo:

$$-90^\circ \leq \beta \leq +90^\circ$$



Coordenadas equatoriais gerais



Coordenadas eclípticas

Sistema de coordenadas horizontais

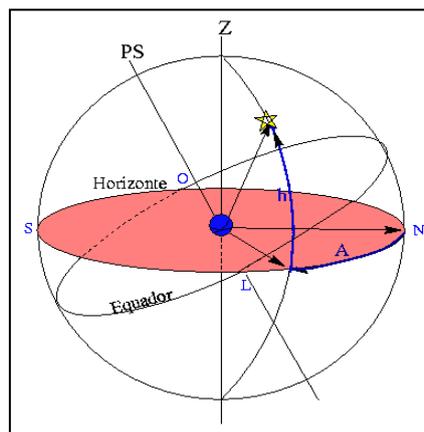
Utiliza como plano fundamental o plano do horizonte do observador. As coordenadas de um astro nesse sistema são:

•Azimute (A): é o ângulo medido ao longo do plano do horizonte, no sentido horário (Norte-Leste-Sul-Oeste), com origem no Norte geográfico e extremidade no **círculo vertical** do astro. Por convenção o azimute obedece a relação:

$$0^\circ \leq A \leq 360^\circ$$

•Altura (h): é o ângulo medido ao longo do círculo vertical do astro, com origem no horizonte e extremidade no astro, variando de 0° (horizonte) até 90° (**zênite**) e -90° (**nadir**). Por convenção é admitido positivo acima do horizonte (astro visível) e negativo abaixo do horizonte (astro invisível). Assim, vale a relação:

$$-90^\circ \leq h \leq +90^\circ$$



Coordenadas horizontais

APÊNDICE B – PRECESSÃO DOS EQUINÓCIOS

As perturbações nos movimentos de rotação e revolução da Terra (devidas às forças gravitacionais do Sol e da Lua no bojo equatorial da Terra) geram variações nos planos fundamentais (equador celeste e eclíptica). A consequência do movimento desses planos é que as coordenadas (equatoriais e eclípticas) das estrelas variam com o tempo e devem ser corrigidas quando desejamos descrever fenômenos cuja escala de tempo ultrapassa meses ou anos.

A variação secular das longitudes eclípticas foi descoberta por Hiparco em 129 AEC, ao comparar a longitude da estrela Spica (α Virginis) medida por ele ($\lambda=174^\circ$) com a de outro astrônomo grego, Timócaris ($\lambda=172^\circ$), obtida em 273 AEC durante um eclipse lunar. Hiparco inferiu que essa variação de 2° num intervalo de 144 anos era devida ao movimento retrógrado do Ponto Vernal em relação às estrelas, ou seja, uma rotação da esfera celeste em torno do pólo eclíptico norte (Társia, 1993).

Hoje sabemos que as forças gravitacionais da Lua e do Sol no bojo equatorial da Terra produzem um torque que tende a alinhar o eixo de rotação da Terra com o eixo da eclíptica, gerando uma variação na direção desse eixo – porém sem alterar sua inclinação. A direção do eixo de rotação da Terra muda com o tempo, com o eixo descrevendo um cone de revolução ao redor dos pólos eclípticos num período em torno de 25.868 anos¹⁵³ (Cornelius, 1997: 15).

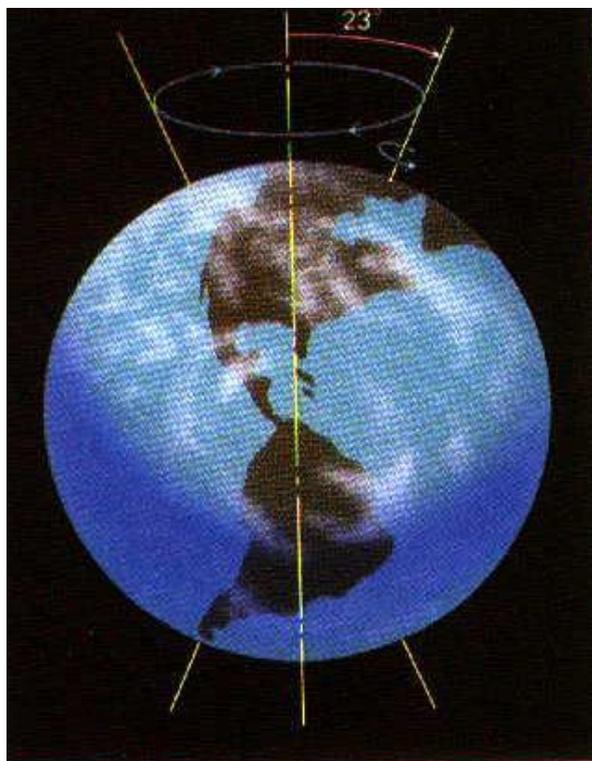
Assim, os equinócios e solstícios passam de uma constelação para a imediatamente posterior, no sentido oposto ao do movimento anual aparente do Sol, a cada 2.160 anos aproximadamente¹⁵⁴. Se em 144 anos o Ponto Vernal retrogradou 2° , isto significa que, em média, ele se desloca sobre a eclíptica cerca de $50,29''$ por ano. Ao fenômeno de retrogradação do Ponto Vernal dá-se o nome de precessão dos equinócios (do latim *precedere*, “chegar antes”).

Atualmente, a estrela Polar (α Ursae Minoris) fica muito próxima do pólo celeste norte, o ponto do céu observável do hemisfério norte em torno do qual parece girar o

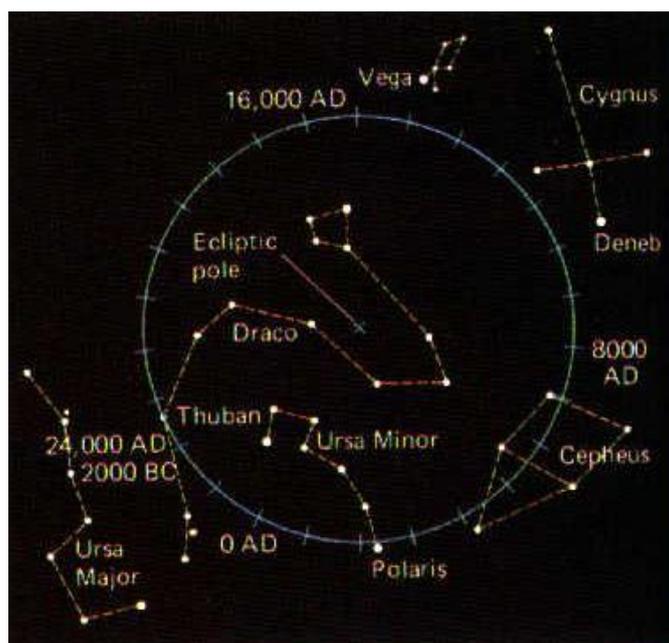
¹⁵³ Há ainda uma perturbação de amplitude menor e de período mais curto (18,6 anos) chamada nutação, cuja discussão será omitida aqui.

¹⁵⁴ Na realidade, o Ponto Vernal percorre as constelações em intervalos de tempo bem diferentes, devido à forma como a IAU dividiu o céu: p. ex., demorou 2.600 anos em Touro e “apenas” 1.800 em Carneiro. É por isso que os atlas celestes que usam coordenadas equatoriais ou eclípticas variam com o tempo e precisam ser referidos à uma determinada época.

firmamento. Há 4.500 anos este ponto era marcado pela estrela Thuban (α Draconis). Devido ao contínuo efeito da precessão, a Polar será substituída pela quinta estrela mais brilhante do céu, Vega (α Lyrae), por volta do ano 14000.



Precessão dos equinócios



Efeito da precessão no pólo celeste norte

APÊNDICE C – TABELA COM AS 88 CONSTELAÇÕES ADOTADAS PELA IAU DESDE 1922

Embora a lista oficial das 88 constelações adotadas pela União Astronômica Internacional tenha surgido em 1922, os limites entre elas foram estabelecidos apenas com a *Delimitation Scientifique des Constellations* (1930) de Delporte (desde então a esfera celeste ficou dividida em 89 regiões ou “áreas” – já que a constelação da Serpente é composta de 2 “pedaços” distintos: Cabeça e Cauda).

Latim	Português	Abrev.	Genitivo	Área *	Posição **
Andromeda	Andrômeda	And	Andromedae	722,28	19
Antlia	Máquina Pneumática	Ant	Antliae	238,90	62
Apus	Ave do Paraíso	Aps	Apodis	206,32	67
Aquarius	Aquário	Aqr	Aquarii	979,85	10
Aquila	Águia	Aql	Aquilae	652,47	22
Ara	Altar	Ara	Arae	237,06	63
Aries	Carneiro	Ari	Arietis	441,39	39
Auriga	Cocheiro	Aur	Aurigae	657,44	21
Boötes	Boieiro	Boo	Boötis	906,83	13
Caelum	Buril	Cae	Caeli	124,86	81
Camelopardalis	Girafa	Cam	Camelopardalis	756,83	18
Cancer	Caranguejo	Cnc	Cancri	505,87	31
Canes Venatici	Cães de Caça	CVn	Canum Venaticorum	465,19	38
Canis Major	Cão Maior	CMA	Canis Majoris	380,11	43
Canis Minor	Cão Menor	CMi	Canis Minoris	183,37	71
Capricornus	Capricórnio	Cap	Capricorni	413,95	40
Carina	Quilha	Car	Carinae	494,18	34
Cassiopeia	Cassiopéia	Cas	Cassiopeiae	598,41	25
Centaurus	Centouro	Cen	Centauri	1.060,42	9

Latim	Português	Abrev.	Genitivo	Área*	Posição**
Cepheus	Cefeu	Cep	Cephei	587,79	27
Cetus	Baleia	Cet	Ceti	1.231,41	4
Chamaeleon	Camaleão	Cha	Chamaeleontis	131,59	79
Circinus	Compasso	Cir	Circini	93,35	85
Columba	Pomba	Col	Columbae	270,18	54
Coma Berenices	Cabeleira de Berenice	Com	Comae Berenices	386,47	42
Corona Australis	Coroa Austral	CrA	Coronae Australis	127,69	80
Corona Borealis	Coroa Boreal	CrB	Coronae Borealis	178,71	73
Corvus	Corvo	Crv	Corvi	183,80	70
Crater	Taça	Crt	Crateris	282,40	53
Crux	Cruzeiro do Sul	Cru	Crucis	68,45	88
Cygnus	Cisne	Cyg	Cygni	803,98	16
Delphinus	Delfim	Del	Delphini	188,54	69
Dorado	Dourado	Dor	Doradus	179,17	72
Draco	Dragão	Dra	Draconis	1.082,95	8
Equuleus	Cavalo Menor	Equ	Equulei	71,64	87
Eridanus	Erídano	Eri	Eridani	1.137,92	6
Fornax	Forno	For	Fornacis	397,50	41
Gemini	Gêmeos	Gem	Geminorum	513,76	30
Grus	Grou	Gru	Grusis	365,51	45
Hercules	Hércules	Her	Herculis	1.225,15	5
Horologium	Relógio	Hor	Horologii	248,88	58
Hydra	Hidra Fêmea	Hya	Hydrae	1.302,84	1
Hydrus	Hidra Macho	Hyi	Hydri	243,04	61
Indus	Índio	Ind	Indi	294,01	49
Lacerta	Lagarto	Lac	Lacertae	200,69	68
Leo	Leão	Leo	Leonis	946,96	12
Leo Minor	Leão Menor	LMi	Leonis Minoris	231,96	64
Lepus	Lebre	Lep	Leporis	290,29	51

Latim	Português	Abrev.	Genitivo	Área *	Posição **
Libra	Balança	Lib	Librae	538,05	29
Lupus	Lobo	Lup	Lupi	333,68	46
Lynx	Lince	Lyn	Lyncis	545,39	28
Lyra	Lira	Lyr	Lyrae	286,48	52
Mensa	Mesa	Men	Mensae	153,48	75
Microscopium	Microscópio	Mic	Microscopii	219,51	66
Monoceros	Unicórnio	Mon	Monocerotis	481,57	35
Musca	Mosca	Mus	Muscae	138,36	77
Norma	Esquadro	Nor	Normae	165,29	74
Octans	Oitante	Oct	Octantis	291,05	50
Ophiuchus	Ofiúco	Oph	Ophiuchi	948,34	11
Orion	Órion	Ori	Orionis	594,12	26
Pavo	Pavão	Pav	Pavonis	377,67	44
Pegasus	Pégaso	Peg	Pegasi	1.120,79	7
Perseus	Perseu	Per	Persei	615,00	24
Phoenix	Fênix	Phe	Phoenicis	469,32	37
Pictor	Pintor	Pic	Pictoris	246,73	59
Pisces	Peixes	Psc	Piscium	889,42	14
Piscis Austrinus	Peixe Austral	PsA	Piscis Austrini	245,37	60
Puppis	Popa	Pup	Puppis	673,43	20
Pyxis	Bússola	Pyx	Pyxidis	220,83	65
Reticulum	Retículo	Ret	Reticuli	113,94	82
Sagitta	Flecha	Sge	Sagittae	79,93	86
Sagittarius	Sagitário	Sgr	Sagittarii	867,43	15
Scorpius	Escorpião	Sco	Scorpii	496,78	33
Sculptor	Escultor	Scl	Sculptoris	474,76	36
Scutum	Escudo	Sct	Scuti	109,11	84
Serpens	Serpente	Ser	Serpentis	636,92	23
Sextans	Sextante	Sex	Sextantis	313,51	47

Latim	Português	Abrev.	Genitivo	Área*	Posição**
Taurus	Touro	Tau	Tauri	797,25	17
Telescopium	Telescópio	Tel	Telescopii	251,51	57
Triangulum	Triângulo	Tri	Trianguli	131,85	78
Triangulum Australe	Triângulo Austral	TrA	Trianguli Australis	109,98	83
Tucana	Tucano	Tuc	Tucanae	294,56	48
Ursa Major	Ursa Maior	UMa	Ursae Majoris	1.279,66	3
Ursa Minor	Ursa Menor	UMi	Ursae Minoris	255,86	56
Vela	Vela	Vel	Velorum	499,65	32
Virgo	Virgem	Vir	Virginis	1.294,43	2
Volans	Peixe Voador	Vol	Volantis	141,35	76
Vulpecula	Raposa	Vul	Vulpeculae	268,17	55

* Em graus quadrados, segundo Bakich (1995).

** Em relação à área, segundo Bakich (1995).

APÊNDICE D – CONSTELAÇÕES EM DESUSO

Até a escolha da lista oficial de constelações pela IAU e sua delimitação científica por Delporte, astrônomos tinham total liberdade para povoar os céus com suas invenções – com o cuidado de evitar sobrepô-las a alguma constelação já existente. Aparecendo somente num mapa ou globo, muitas constelações não obtiveram notoriedade, caindo em desuso. Aqui apresentamos a nomenclatura de algumas delas, tal como se encontram nos principais atlas celestes publicados antes de 1922.

Anser (*Ganso*), situada entre as constelações da Águia e do Cisne, apareceu pela primeira vez em *Firmamentum Sobiescianum* (1687), de Hevelius, sendo também chamada *Vulpecula cum Ansere* (*Raposa com Ganso*).

Anser Americanus (*Ganso Americano*) é a atual constelação de Tucano.

Antinoüs (*Antínuo*), introduzida por Caspar Vopel em seu globo celeste de 1536 entre as constelações da Águia e de Sagitário, representa o jovem Ganimedes, que a águia de Zeus levou para o Olimpo.

Apes (*Mosca*), formada por algumas estrelas de fraco brilho nas proximidades do Carneiro, também foi chamada *Musca Borealis* (*Mosca do Norte*) e *Vespa* (*Vespa*).

Apis (*Abelha*), denominação proposta por Bayer em *Uranometria* (1603) para a atual constelação da Mosca, sendo também chamada *Musca Australis* (*Mosca do Sul*).

Apparatus Chemicus (*Dispositivo Químico*), originalmente chamada *Fornax Chemica* (*Forno Químico*), é a atual constelação do Forno, introduzida na cartografia celeste por Lacaille entre 1751-52.

Apparatus Sculptoris (*Ateliê do Escultor*), situada entre as constelações de Baleia e Fênix, é o nome primitivo da atual constelação do Escultor, criada por Lacaille entre 1751-52.

Argo (*Navio*), constelação que durante muito tempo foi a mais extensa do céu. Uma primeira divisão distinguiu 4 partes: Quilha, Popa, Mastro e Vela (posteriormente Lacaille utilizou as estrelas do Mastro para formar a constelação da Bússola).

Avis (*Ave*), constelação representada no globo celeste do filósofo grego Proclus (século IV).

Cancer Minor (*Caranguejo Menor*), situada entre as constelações de Gêmeos e Caranguejo, foi criada por Petrus Plancius em 1613.

Caput Medusae (*Cabeça da Medusa*), situada entre as constelações de Perseu e Triângulo, atualmente faz parte da constelação de Perseu.

Cerberus (*Cérbero*), situada entre as constelações de Hércules e Cisne, representa o cão tricefálico que guarda os portões do submundo, governado por Hades. Apareceu pela primeira vez em *Firmamentum Sobiescianum* (1687), de Hevelius.

Chelae (*Pinças*), nome primitivo da atual constelação da Balança.

Cincinnus (*Cabelos Anelados*), nome dado por Mercator à atual constelação de Cabeleira de Berenice, introduzida por Caspar Vopel em seu globo celeste de 1536.

Columba Noae (*Pomba de Noé*), nome primitivo da atual constelação da Pomba, situada ao sul da Lebre, criada por Plancius em 1592.

Cor Caroli (*Coração de Charles*), ocupa a posição da atual constelação de Cães de Caça. Sua invenção é atribuída a Sir Charles Scarborough, homenageando o rei Charles I da Inglaterra, sendo publicada pela primeira vez em *The Sphere of Marcus Manilius made an English poem* (1675), do poeta inglês Edward Sherburne.

Custos Messium (*Guardião da Colheita*), situada entre as constelações de Cassiopéia, Cefeu e Girafa, foi introduzida no globo celeste de Joseph Lalande de 1779, homenageando seu amigo, o astrônomo francês Charles Messier.

Equuleus Pictoris (*Cavalete do Pintor*), nome primitivo da atual constelação do Pintor, criada por Lacaille entre 1751-52.

Felis (*Gato*), situada entre as constelações da Hidra Fêmea e da Máquina Pneumática, foi criada por Lalande e registrada por Bode em *Uranographia* (1801).

Fornax Chemica (*Forno Químico*). Ver *Apparatus Chemicus*.

Frederici Honores (*Glórias de Frederico*), situada entre as constelações de Andrômeda e Lagarto, foi criada por Bode em 1787, homenageando Frederico II, rei da Prússia.

Gallus (*Galo*), situada entre as constelações do Navio e do Cão Maior, foi criada por Plancius em 1613.

Globus Aerostaticus (*Globo Aerostático*), situada entre as constelações de Capricórnio, Microscópio e Peixe Austral, foi proposta por Lalande e introduzida na cartografia celeste por Bode em 1801, homenageando os irmãos Montgolfier, pioneiros na aeronavegação com balões.

Harpa Georgii (*Harpa de George*), situada entre as constelações de Touro e Erídano, foi criada pelo astrônomo húngaro Maximilian Hell em 1789, representando a harpa do rei George III, da Inglaterra.

Horologium Oscillatorium (*Relógio de Pêndulo*), criada por Lacaille entre 1751-52, é a atual constelação do Relógio.

Jordanus (*Jordão*), formada por estrelas a leste, sul e oeste da Ursa Maior, foi criada por Plancius em 1613, representando o rio Jordão.

Leo Palatinus (*Leão Imperial*), situada entre as constelações de Aquário e Águia, foi criada em 1785 pelo astrônomo alemão Karl-Joseph König, homenageando seu patrono, o rei Charles Theodore.

Libella (*Nível*), nome primitivo da atual constelação do Triângulo Austral.

Lilium (*Flor-de-lis*), criada por Plancius, formada por estrelas ao norte do Carneiro.

Lochium Funis (*Barquilha*), na região da atual constelação da Bússola, foi criada por Bode em 1801, homenageando este antigo velocímetro náutico.

Machina Electrica (*Máquina Elétrica*), situada ao sul da constelação da Baleia, foi criada por Bode em 1801.

Marmor Sculptile (*Escultura de Mármore*), formada por algumas estrelas que agora fazem parte da constelação do Retículo, foi criada por William Croswell em 1810, representando o busto de Cristóvão Colombo.

Mons Maenalus (*Monte Menalo*), situada sob os pés do Boieiro, foi introduzida na cartografia celeste por Hevelius em *Firmamentum Sobiescianum* (1687), em homenagem ao monte com o mesmo nome, localizado na Arcádia.

Mons Mensae (*Montanha da Mesa*), criada por Lacaille entre 1751-52, é a atual constelação da Mesa.

Musca Australis (*Mosca do Sul*). Ver *Apis*.

Musca Borealis (*Mosca do Norte*). Ver *Apes*.

Noctua (*Coruja*), situada na cauda da Hidra Fêmea, entre as constelações do Escorpião e da Balança, foi introduzida por Alexander Jamieson em 1822, ocupando a mesma posição da constelação de *Solitarius* (*Solitário*).

Octans Hadleianus (*Oitante de Hadley*), nome primitivo da atual constelação do Oitante, criada por Lacaille entre 1751-52 para homenagear o astrônomo inglês John Hadley, que em 1731 aperfeiçoou este instrumento de navegação astronômica.

Officina Typographica (*Oficina Tipográfica*), formada por estrelas a leste de Sírius, foi criada por Bode em 1801 para homenagear o 350º aniversário da invenção da prensa de tipos móveis.

Phoenicopterus (*Flamingo*), nome alternativo dado no século XVII à constelação do Grou.

Pica Indica (*Abelha Indígena*), antiga denominação da atual constelação de Tucano, também chamada *Anser Americanus* (*Ganso Americano*).

Polophylax (*Guardião do Pólo*), situada entre as constelações do Peixe Austral e do Cruzeiro do Sul, foi criada por Plancius em 1592.

Procyon (*Prócion*), antiga denominação da constelação do Cão Menor. Atualmente este nome é empregado para designar sua estrela mais brilhante.

Psalterium Georgii (*Saltério de George*). Ver *Harpa Georgii*.

Pyxis Nautica (*Bússola Náutica*), nome primitivo da atual constelação da Bússola, criada por Lacaille entre 1751-52.

Quadrans Muralis (*Quadrante Mural*), situada entre as constelações de Hércules, Boieiro e Dragão, foi introduzida na cartografia celeste por Lalande em 1795, homenageando o quadrante mural.

Ramus (*Ramo*), constelação boreal situada na mão esquerda de Hércules.

Renne (*Rena*), situada entre as constelações de Cassiopéia e Girafa, foi criada pelo astrônomo francês Pierre Le Monnier em 1743.

Reticulum Rhomboidalis (*Retículo Rombóide*), nome primitivo da atual constelação do Retículo, criada por Lacaille entre 1751-52.

Robur Carolinum (*Carvalho de Charles*), formada por estrelas pertencentes à atual constelação da Quilha, foi criada por Halley em 1678 para homenagear o rei Charles II da Inglaterra.

Sagitta Australe (*Flecha do Sul*), formada por algumas estrelas ao sul da constelação da Águia, foi criada por Plancius em 1613.

Scalptorium (*Ferramenta do Escultor*), outra denominação dada por Lacaille à atual constelação do Buriel.

Sceptrum (*Cetro*), situada entre as constelações de Pégaso e Cefeu, foi criada em 1679 pelo astrônomo francês Augustin Royer, homenageando o rei Louis XIV, da França.

Sceptrum Brandenburgicum (*Cetro de Brandenburgo*), situada entre as constelações de Órion, Erídano e Lebre, foi criada em 1688 pelo astrônomo alemão Gottfried Kirch, homenageando a província de mesmo nome na Alemanha.

Sciurus Volans (*Esquilo Voador*), situada na cauda da constelação da Girafa, foi criada por William Croswell em 1810.

Scutum Sobieskii (*Escudo de Sobieski*), nome primitivo da atual constelação do Escudo, primeiramente registrada por Hevelius em *Firmamentum Sobiescianum* (1687).

Serpentarius (*Serpentário*), nome primitivo da atual constelação de Ofiúco.

Sextans Uraniae (*Sextante de Urânia*), nome primitivo da atual constelação do Sextante, primeiramente registrada por Hevelius em *Firmamentum Sobiescianum* (1687).

Solarium (*Relógio de Sol*), situada entre as constelações de Dourado, Relógio e Hidra Macho.

Solitarius (*Solitário*), também chamada *Turdus Solitarius* (*Tordo Solitário*), foi criada por Le Monnier em 1776, ocupando a mesma posição da constelação de *Noctua* (*Coruja*).

Tarandus vel Rangifer. Ver *Renne*.

Taurus Poniatovii (*Touro de Poniatovski*), situada entre as constelações de Hércules, Ofiúco e Águia, foi criada em 1777 pelo astrônomo polonês Martin Poczobut, homenageando o rei Stanislau II, da Polônia.

Telescopium Herschelii (*Telescópio de Herschel*), situada entre as constelações de Gêmeos, Lince e Cocheiro, foi criada por Maximilian Hell em 1789 para homenagear o astrônomo inglês William Herschel, sendo também chamada *Tubus Herschelii* (*Tube de Herschel*).

Tigris (*Tigre*), situada entre as constelações da Águia e do Cisne, foi criada por Plancius em 1613, representando o rio Tigre.

Triangulum Minor (*Triângulo Menor*), situada entre as constelações do Carneiro e do Triângulo, foi primeiramente registrada por Hevelius em *Firmamentum Sobiescianum* (1687).

Tubus Astronomicus (*Tube Astronômico*), nome primitivo da atual constelação do Telescópio.

Tubus Herschelii (*Tube de Herschel*). Ver *Telescopium Herschelii*.

Turdus Solitarius (*Tordo Solitário*). Ver *Solitarius*.

Vespa (*Vespa*). Ver *Apes*.

Vulpecula cum Anser (*Raposa com Ganso*). Ver *Anser*.

APÊNDICE E – UM PANORAMA HISTÓRICO SOBRE A OBSERVAÇÃO E CATALOGAÇÃO DAS NEBULOSAS

Espalhados pelo céu existem vários objetos com aspecto de uma mancha difusa – geralmente fracos demais para serem vistos a olho nu, que os antigos chamavam de nebulosas. A palavra "nebulosa" vem de *nebula* (do latim: “nuvem”; pl. *nebulae*), e antes que os astrônomos soubessem sobre sua verdadeira natureza ela se referia a qualquer objeto celeste que não tivesse aspecto pontual (como o de uma estrela). Com o uso do telescópio alguns desses objetos foram identificados como verdadeiros aglomerados estelares, e a utilização da espectroscopia e da fotografia permitiu distinguir as verdadeiras nebulosas de estruturas mais complexas – como as galáxias. Esse apêndice traça um rápido panorama da observação e catalogação das nebulosas desde a antiguidade até a década de 1920 – quando se descobriu que algumas delas estavam fora da Via Láctea.

Da antiguidade até a invenção do telescópio

Um dos mais antigos registros desses objetos chegou até nós através do poeta grego Arato (c.315-245 AEC), que no verso 892 do seu poema astronômico *Phaenomena* (c.275 AEC) menciona a Manjedoura¹⁵⁵, "uma névoa fraca" na constelação do Caranguejo: “[...] Watch, too, the Manger. Like a faint mist in the [...] Cancer [...]” (Aratus, 1921). Por volta do ano 150 o astrônomo grego Cláudio Ptolomeu (c.100-178) registrou, nos livros VII e VIII do *Almagesto*, cinco estrelas que ele chamou de *nebulosa*, além de uma *luminosa* – esta última conhecida como Cabeleira de Berenice, entre as constelações da Ursa Maior e do Leão (Ptolemaeus, 1515; Toomer, 1998). Todos os objetos mencionados por Ptolomeu eram na verdade aglomerados estelares, cuja aparência indistinta fazia com que fossem chamados de nebulosas. O primeiro objeto realmente “nebuloso” a ser documentado foi a galáxia de Andrômeda, descrita como “uma pequena nuvem” no *Livro de Estrelas Fixas* (c.964) do astrônomo persa Al-Sufi (903-986) (Frommert & Kronberg, 2007).

A utilização astronômica do telescópio por Galileu ajudou na resolução de alguns desses objetos em verdadeiros enxames de estrelas, como ele mesmo diz no

¹⁵⁵ Também conhecido como Presépio ou Colméia, trata-se de um aglomerado estelar.

Sidereus Nuncius: “Further – and you will be more surprised at this – the stars which have been called by every one of the astronomers up to this day cloud-like objects (nebulae), are groups of small stars set thick together in a wonderful way [...]” (Galilei, 1610).

O telescópio também revelou a existência de *nebulae* invisíveis a olho nu – o que promoveu um recenseamento desse tipo de objeto. Redescoberto apenas na década de 1980 (Serio, Indorato & Nastasi, 1985), o astrônomo italiano Giovanni Batista Hodierna (1597-1660) foi responsável pela compilação do primeiro catálogo dedicado exclusivamente às nebulosas (Frommert & Kronberg, 2007). Em *De Admirandis Coeli Characteribus* (1654), Hodierna relaciona cerca de 40 nebulosas, divididas em três categorias: *Luminosae* (aquelas na qual é possível distinguir algumas estrelas a olho nu), *Nebulosae* (aquelas resolúveis em estrelas através do telescópio) e *Occultae* (aquelas que nem mesmo o telescópio conseguia resolver)¹⁵⁶.

De Halley até Huggins

Depois da lista de Hodierna, o segundo catálogo inteiramente consagrado às nebulosas – o primeiro a se tornar amplamente conhecido – foi o do astrônomo inglês Edmund Halley (1656-1742). Entre os objetos catalogados por Halley estão duas descobertas suas: os aglomerados globulares omega Centauri (descoberto enquanto esteve na ilha de Santa Helena, em 1677) e o Aglomerado de Hércules¹⁵⁷ (descoberto em 1714). Nesse trabalho, Halley chama a atenção que algumas nebulosas realmente não parecem relacionadas a aglomerados estelares:

[...] certain luminous Spots or Patches, which discover themselves only by the Telescope [...] [shows] no sign of a Star in the middle of them; and the irregular Form of those that have, shews them not to proceed from the Illumination of a Central Body [...] (Halley, 1716)

Baseado no modelo da Via Láctea de Thomas Wright¹⁵⁸ (1711-1786), o filósofo alemão Immanuel Kant (1724-1804) propôs que algumas das nebulosas elípticas

¹⁵⁶ Uma classificação semelhante foi utilizada pelo astrônomo francês Nicolas Louis de Lacaille (1713-1762), que compilou um catálogo com 42 nebulosas (a notoriedade dessa lista reside no fato de ser a primeira dedicada exclusivamente às nebulosas austrais; ver Lacaille, 1755).

¹⁵⁷ Hoje conhecido como M13 (ver Messier, 1781).

¹⁵⁸ Ver Crowe (1994: 43-45).

catalogadas por William Derham¹⁵⁹ (1657-1735) poderiam ser sistemas estelares isolados no espaço, totalmente comparáveis à nossa Galáxia. Citando Kant: “[...] Their analogy with the stellar system in which we find ourselves [...] is in perfect harmony with the view that these elliptical figures are just universes and, so to speak, Milky Ways [...]”. Essa idéia ficou conhecida como a teoria dos “universos-ilha”¹⁶⁰. Revolucionárias, as especulações cosmológicas de Kant não foram bem aceitas na época, pois careciam de um bom suporte observacional (Jones, 1971).

Enquanto procurava pelo cometa de Halley em sua passagem de 1758, o astrônomo francês Charles Messier (1730-1817) percebeu que algumas nebulosas poderiam ser facilmente confundidas com cometas, e decidiu montar um catálogo para evitar futuros enganos. Esses objetos eram nomeados com a letra M seguida de um número (p. ex., a nebulosa de Andrômeda é M31). Messier publicou seu catálogo em três etapas: os objetos de M1 até M45 em 1774, de M46 até M68 em 1780 e o restante em 1781, quando totalizou 103 objetos¹⁶¹ (Messier, 1781; Frommert & Kronberg, 2011). No total, 44 nebulosas tiveram suas posições e principais características descritas pela primeira vez (Frommert & Kronberg, 2007).

Em dezembro de 1781, o astrônomo anglo-germânico William Herschel (1738-1822) recebeu uma cópia do catálogo de Messier. As nebulosas eram uma classe de objetos que muito interessavam a Herschel, tanto que construiu telescópios gigantes para observá-las. Herschel publicou 3 catálogos onde lista mais de 2.500 nebulosas, em que começou uma classificação morfológica delas em 8 tipos (Frommert & Kronberg, 2007). Suas observações inicialmente o levaram à conclusão que todas as nebulosas eram na verdade sistemas estelares não resolvidos, mas Herschel muda de opinião ao observar uma nebulosa planetária¹⁶²:

[...] November 13, 1790. A most singular phaenomenon! A star of about 8th magnitude, with a faint luminous atmosphere, of a circular form, and [...] The star is perfectly in the Center, and the atmosphere is so diluted, faint, and equal throughout, that there can be no surmise of its consisting of stars; nor can there be a doubt of the evident connection between the atmosphere and the star [...]. (Herschel, 1791)

¹⁵⁹ Ver Derham (1733).

¹⁶⁰ Segundo Crowe (1994: 175), esse termo foi introduzido em 1845 por Alexander von Humboldt (1769-1859).

¹⁶¹ Posteriormente esse catálogo foi expandido para 110 objetos.

¹⁶² Embora o termo tenha sido cunhado por Herschel em 1784, a primeira nebulosa planetária foi observada em 12 de julho de 1764 por Messier, e incluída em seu catálogo como a nebulosa M27.

Embora no começo estivesse convencido que praticamente todas as nebulosas fossem resolúveis a aglomerados de estrelas, as convicções de Herschel começaram a ficar abaladas com as observações dos objetos discutidos em seu artigo de 1791. Embora suspeitasse que algumas nebulosas realmente fossem nuvens de gás, Herschel ainda não dispunha de aparato instrumental para dirimir a questão. A solução para esse dilema veio com o estudo dos espectros estelares feito pelo astrônomo amador inglês William Huggins (1824-1910). Em 1864, Huggins obteve o primeiro espectro de uma nebulosa planetária, e notou que ao invés de linhas escuras sobre um fundo colorido havia um espectro de linhas brilhantes – que só pode ser produzido por gases incandescentes. Huggins então escreve que “The riddle of the nebulae was solved. The answer, which had come to us in the light itself, read: Not an aggregation of stars, but a luminous gas” (Huggins & Miller, 1864b).

Hubble e as nebulosas extragalácticas

Mas a espectroscopia não encerrou o debate envolvendo a natureza das nebulosas. Com a descoberta da estrutura espiral da nebulosa M51 pelo telescópio *Leviathan* de William Parsons em 1845¹⁶³, outras questões surgiram: essas nebulosas espirais estariam dentro ou fora da Via Láctea? Seriam como os “universos-ilha” de Kant?

Além do método para medir distâncias estelares usado por Friedrich Wilhelm Bessel¹⁶⁴ (1784-1846), a astrônoma norte-americana Henrietta Leavitt (1868-1921) descobriu que a **magnitude absoluta** das cefeidas (estrelas cujo brilho varia regularmente em questão de dias) era proporcional ao logaritmo de seu período – e quando combinada à sua **magnitude aparente**, esta informação permitia determinar a distância das cefeidas. Publicada em 1912, essa relação tornou-se um dos métodos mais usados para calcular distâncias no universo – um avanço possível graças ao desenvolvimento da fotografia, que permitiu que a mesma região do céu pudesse ser comparada em diferentes datas (essencial para o estudo das estrelas variáveis).

Usando o telescópio Hooker de 100 polegadas do Observatório de Monte Wilson, o astrônomo norte-americano Edwin Hubble (1889-1953) fotografou diversas nebulosas entre os anos de 1923-1924. Ao detectar uma cefeida na nebulosa de

¹⁶³ Ver Parsons (1850).

¹⁶⁴ Ver Crowe (1994: 154-158).

Andrômeda, Hubble utilizou a relação período-luminosidade de Leavitt e obteve uma prova definitiva de que Andrômeda estava fora dos limites da Via Láctea – e portanto deveria ser considerada uma galáxia independente¹⁶⁵.

Epílogo

Parece que a história das nebulosas pode ser dividida em pelo menos 3 grandes períodos: o primeiro numa era pré-telescópica – quando faltava resolução para discriminar as nuvens de gás dos aglomerados estelares; o segundo quando a espectroscopia confirmou as suspeitas de Halley e Herschel de que realmente havia nuvens de gás no espaço; o terceiro quando Hubble descobriu que muitas nebulosas eram na realidade objetos extragalácticos, ou seja, sistemas estelares exteriores à nossa Via Láctea.

A quantidade de nebulosas catalogadas cresceu exponencialmente com os trabalhos de William Herschel, que multiplicou em 25 vezes seu número e estabeleceu uma classificação morfológica delas. No mesmo ano que a natureza gasosa das “verdadeiras” nebulosas foi atestada por Huggins, John Herschel (1792-1871) – filho único de William – resumiu sua obra e de seu pai no *General Catalogue of Nebulae and Clusters of Stars* (1864), onde relacionou 5.079 *nebulae*. Este catálogo foi revisado, corrigido e estendido por John Louis Emil Dreyer (1852-1926), que adicionou suas descobertas e as de outros astrônomos no *New General Catalogue* (1888) – mais conhecido como NGC, com 7.840 objetos, e em dois suplementos: *Index Catalogue* (1895) e *Second Index Catalogue* (1908), que juntos possuem 5.386 *nebulae*.

¹⁶⁵ Segundo Crowe (1994: 355), por volta de 1958 o termo *nebulae* ganhou um novo significado. Enquanto Hubble distinguia em seu livro *The Realm of the Nebulae* (1936) nebulosas galácticas e extragalácticas – especificando que *nebulae* se referia às últimas, a palavra “nebulosa” passou a ser usada apenas para aquelas localizadas dentro da Via Láctea, enquanto o termo “galáxia” foi usado para o que Hubble chamava de “nebulosas extragalácticas” (com o livro de Hubble sendo posteriormente renomeado para *The Realm of the Galaxies*).

GLOSSÁRIO¹⁶⁶

Aglomerado estelar: grupos de centenas a centenas de milhares de estrelas ligadas entre si pela atração gravitacional. Distinguem-se os aglomerados abertos – assimétricos e com poucos membros, e os aglomerados globulares – ricos em estrelas e com simetria esférica.

Alidade: instrumento de visada destinado a medir ângulos (ou afastamentos angulares) mediante um alinhamento óptico.

Altura: ângulo medido ao longo do **círculo vertical** do astro, com origem no horizonte e extremidade no astro, variando de 0° a 90° acima do horizonte e 0° a -90° abaixo do horizonte. Ver Apêndice A.

Arqueoastronomia: estudo das práticas astronômicas, sistemas cosmológicos e folclores celestes dos povos antigos, por intermédio do material ou conhecimento astronômico deixado por estes povos.

Asterismo: grupo proeminente de estrelas amplamente conhecido, p. ex. as Plêiades (no Touro) e o Arado (na Ursa Maior).

Asteróide: corpo rochoso entre alguns até várias centenas de quilômetros que gravita em torno do Sol – a maioria entre as órbitas dos planetas Marte e Júpiter.

Astrometria: também chamada astronomia de posição, é o ramo da astronomia que trata das medições precisas de posições e movimentos aparentes dos astros.

Atlas celeste: conjunto de várias **cartas** (ou **mapas**) **celestes** que vem acompanhado de um **catálogo estelar** (normalmente num outro volume). O nome atlas deve-se ao fato de, em 1595, na folha de ante-rostro da coleção de mapas de Gerardus Mercator (publicado postumamente por seu filho Rumold) aparecer como ilustração de abertura o titã Atlas.

¹⁶⁶ A elucidação dos verbetes neste Glossário foi elaborada para o fim específico de subsidiar a leitura da presente tese.

Carta celeste: representação plana de uma porção da **esfera celeste**, construída em média ou grande escala, cobrindo uma área específica do céu (p. ex., uma **constelação**) e que tem um sistema de coordenadas associado.

Catálogo estelar: publicação que contém as coordenadas celestes – e outras informações – de um grande número de estrelas, calculadas para uma determinada **época**.

Círculo horário: círculo máximo da **esfera celeste**, que passa pelos **pólos celestes** e cujo plano é perpendicular ao **equador celeste** (quando o círculo passa por um astro é chamado círculo horário do astro).

Círculo vertical: círculo máximo da esfera celeste que contém a **vertical** do lugar.

Círculos principais: são círculos que servem de referência para o cálculo da posição dos astros em **esferas armilares**, **globos** e **mapas celestes**. Nesse trabalho serão chamados de círculos principais o **equador celeste**, os trópicos (de Câncer e de Capricórnio), os círculos polares (ártico e antártico) e os coluros (2 grandes círculos perpendiculares ao equador celeste que se cortam nos pólos e tocam os pontos equinociais e os solsticiais). Ver “Trajetória Evolutiva da Cartografia Celeste” (figuras 7, 8 e 9).

Conjunção: configuração apresentada por dois ou mais astros no instante em que suas ascensões retas (ou longitudes eclípticas) atingem um mesmo valor. Ver Apêndice A.

Constelações: para os antigos eram grupamentos de estrelas próximas entre si no céu, que representavam e/ou homenageavam deuses, heróis e objetos (a proximidade aparente na esfera celeste geralmente é mero efeito de perspectiva, sem proximidade espacial).

Constelações clássicas: também chamadas constelações ptolomaicas, são as 48 constelações descritas por Ptolomeu no *Almagesto*.

Constelações zodiacais: para os gregos eram as 12 constelações originalmente cortadas pela **eclíptica**. Atualmente também se considera a constelação do Ofiúco.

Cosmologia: modernamente se refere à ciência que trata da origem, evolução e estrutura do universo em larga escala, mas antigamente este termo era sinônimo de **cosmovisão**.

Cosmos: termo que expressa a idéia de mundo, mas que também é usado para designar o universo e a natureza – considerados como um todo organizado e harmonioso.

Cosmovisão: visão geral de mundo (sistema de idéias acerca do universo).

Decanos: segundo a astronomia egípcia, cada uma das 36 estrelas ou **asterismos** – associadas a um setor de 10° cada – usadas para indicar as horas à noite.

Deep-sky objects: literalmente “objetos do céu profundo”, designam astros pouco brilhantes a olho nu ou objetos telescópicos difusos, incluindo **aglomerados estelares**, **nebulosas** e **galáxias**. Embora a origem seja incerta, o termo foi popularizado pela revista *Sky & Telescope* em 1941, na coluna *Deep-Sky Wonders*.

Dispositivo de Carga Acoplada (CCD): chip eletrônico feito de material semicondutor (como o silício) e manufaturado para ser sensível à incidência de luz sobre sua superfície. Substituíram as placas fotográficas por serem mais sensíveis, podendo ser acoplados a **telescópios** para registrar tanto imagens como espectros.

Distância focal: distância entre o plano focal e o plano principal de uma lente.

Eclíptica: plano orbital terrestre projetado na **esfera celeste** (esse mesmo termo designa a trajetória aparente do Sol na **esfera celeste**).

Efeito Doppler-Fizeau: em se tratando de radiações luminosas, consiste na variação do comprimento de onda observado quando o corpo que emite a luz se desloca em relação ao observador. As raias espectrais deslocam-se para o azul quando o corpo emissor se aproxima (desvio para o azul) e para o vermelho quando o corpo emissor se afasta

(desvio para o vermelho). A medida desse desvio permite-nos calcular a **velocidade radial** desse corpo (velocidade com que se aproxima ou se afasta de nós).

Efemérides: tabela que contém previsões de fenômenos astronômicos como eclipses, fases da Lua, **conjunções**, entre outras informações. Também fornece as posições e outros parâmetros astronômicos dos **errantes** e das estrelas.

Época: em astronomia, o instante de referência para uma série de observações astronômicas, ou para uma série de elementos de um catálogo astronômico. O conjunto de operações envolvidas no cálculo das coordenadas de um astro num dado instante (data), a partir de suas coordenadas numa determinada época, é chamado redução ao dia – correção que envolve a precessão, a nutação, a aberração etc. Para mais informações sobre a redução ao dia, ver Boczko (1984: 252-255) e Társia (1993: 177-196).

Equador celeste: projeção, na esfera celeste, do equador terrestre.

Equador galáctico: interseção do plano da **Galáxia** – associado ao seu disco com os braços espirais – com a **esfera celeste**.

Equinócio: qualquer uma das duas interseções da **eclíptica** com o **equador celeste**. Trata-se das ocorrências anuais em que o Sol, seguindo a **eclíptica**, corta o equador, provocando a igualdade entre o dia e a noite sobre toda a Terra.

Errante: para os antigos eram os astros que se moviam no céu em relação às estrelas fixas ou **inerrantes** (Sol, Lua, planetas).

Esfera armilar: antigo instrumento astronômico utilizado para explicar os movimentos dos astros. Era constituído de um globo central – que representava a Terra, e uma esfera externa com anéis (ou armilas) que representavam a **esfera celeste**, a **eclíptica** e os **círculos principais**.

Esfera celeste: superfície de uma esfera imaginária com raio arbitrariamente grande (com o observador ocupando seu centro), onde os antigos imaginaram estivessem situados todos os astros.

Espectro: distribuição da luz proveniente de um objeto, p. ex., de uma estrela nas suas várias cores, como no arco-íris, fazendo-se a luz passar, p. ex., através de um prisma.

Espectroscopia: estudo das propriedades químicas e físicas de um objeto através da análise do **espectro** da sua luz.

Galáxia: sistema gravitacionalmente ligado de dezenas de milhões a centenas de trilhões de estrelas, **nebulosas**, poeira e gás, aparentemente isolado no espaço (quando grafado “Galáxia” se refere à nossa própria galáxia, a **Via Láctea**).

Globo celeste: representação do céu sobre uma superfície esférica que mostra as figuras das constelações retratadas para o lado de fora. Entre as diversas funções de um globo celeste podemos destacar a educacional (visualizar os **círculos principais** e a **eclíptica**, as **constelações**, simular o nascer e o pôr dos astros, sua distância angular relativa etc.), a utilitária (auxiliar a navegação), além de ser objeto de decoração e símbolo de *status* social.

Gnômon: haste vertical cuja sombra – provocada pelos raios solares – servia como indicador das horas ao longo do dia.

Grandes Atlas: quatro atlas de grande importância na cartografia celeste – quer seja por suas inovações ou por sua influência na cartografia vindoura. Esses atlas são (na ordem cronológica): *Uranometria* (1603), de Johann Bayer; *Firmamentum Sobiescianum* (1687), de Johannes Hevelius; *Atlas coelestis* (1729), de John Flamsteed e *Uranographia* (1801), de Johann Bode.

Grandeza: antigo vocábulo usado para designar o brilho (ou **magnitude aparente**) de uma estrela: as mais brilhantes eram ditas de “primeira grandeza”, e as que estavam no limiar da visão eram as de “sexta grandeza”.

Hemisfério celeste: cada uma das metades da **esfera celeste**. Para os fins desse trabalho, um hemisfério celeste será um **mapa celeste** circular que representa cada uma

dessas metades, que tem como centro um **pólo (eclíptico ou celeste)** e cuja borda assinala a **eclíptica** ou o **equador celeste**.

Inerrantes: para os antigos eram os astros (estrelas) que formavam um padrão permanente no céu (as **constelações**); os astros **errantes** movem-se em relação aos inerrantes.

Kudurrus: estelas com valor de escritura relacionadas a doações de terreno em benefício de uma pessoa ou comunidade, onde se representavam os deuses mesopotâmios mais importantes, com seus símbolos distribuídos como se fossem **constelações**.

Lei da velocidade-distância: lei descoberta pelo astrônomo norte-americano Edwin Hubble (1889-1953) segundo a qual a distância das **galáxias** é linearmente proporcional ao seu **redshift** (apenas no caso de velocidades bem inferiores à velocidade da luz).

Magnitude: vocábulo usado para caracterizar o brilho de um astro – substituindo a noção de **grandeza** dos antigos. A magnitude pode ser um número positivo ou negativo, que é tanto maior quanto menor é o brilho do astro.

Magnitude absoluta: **magnitude** que uma estrela possuiria se estivesse a distância padrão de 10 parsecs (32,6 anos-luz ou $308,4 \times 10^{12}$ de quilômetros).

Magnitude aparente: **magnitude** de uma estrela obtida diretamente da observação.

Mapas celestes: representação plana de uma porção ampla da **esfera celeste**, construído em escala pequena e que normalmente têm um sistema de coordenadas associado (p. ex., os **hemisférios celestes**). Os mapas apresentam como centro um **pólo (eclíptico ou celeste)** e seu perímetro às vezes ultrapassa 90° de distância desse pólo (nesse caso um mapa representa todo o céu visível para um observador numa determinada latitude).

Meridiano: além de qualquer círculo máximo dos sistemas de coordenadas astronômicas tratados no Apêndice A, também será entendido como o meridiano local

ou o meridiano do observador, isto é, o círculo máximo da **esfera celeste** que passa pelos **pólos celestes** e contém a **vertical** do lugar.

Meridiano eclíptico: círculo máximo da **esfera celeste** que passa pelos **pólos eclípticos**. O meridiano eclíptico que passa por um astro é chamado meridiano eclíptico do astro.

Movimento diurno: movimento aparente que todos os astros parecem descrever sobre a **esfera celeste**, de leste para oeste, causado pela rotação da Terra em torno de seu eixo.

Movimento próprio: movimento transversal à linha de visada do observador, que as estrelas realizam enquanto se deslocam em relação ao centro de massa do sistema solar.

Nadir: uma das interseções da **vertical** do lugar com a **esfera celeste** (a outra interseção é o **zênite**).

Nebulosa: a palavra "nebulosa" vem de *nebula* (do latim: "nuvem"; pl. *nebulae*), e antigamente se referia a todo objeto fixo que aparecesse como uma mancha difusa (o que incluía **aglomerados estelares** e **galáxias**); atualmente este termo denota nuvens de gás e poeira no interior de **galáxias**. Ver Apêndice E.

Nebulosa planetária: nuvem luminosa de gás formada quando uma estrela com massa pouco maior que a do Sol ejeta suas camadas externas nos estágios finais de sua evolução (normalmente a parte central da estrela que deu origem pode ser vista na região central da **nebulosa**).

Nova: estrela de grande massa que teve um brusco aumento em seu brilho (da ordem de 10.000 vezes) num curto intervalo de tempo (na verdade o aumento de brilho é provocado pela explosão das camadas superficiais da estrela; pl.: *novae*). Tal vocábulo é impróprio, pois tais estrelas já existiam anteriormente. No final do século XIX surge uma nova categoria de estrela explosiva: *supernova* (pl.: *supernovae*), que aumenta seu brilho por um fator de 100 milhões de vezes, além de serem bem mais raras (em média ocorre uma a cada 300 anos em nossa Galáxia).

Nuvens de Magalhães: **galáxias** satélites da **Via Láctea**, visíveis à olho nu e próximas ao **pólo celeste** sul. A maior das duas chama-se Grande Nuvem de Magalhães e a menor Pequena Nuvem de Magalhães.

Paralaxe estelar: ângulo formado pelas duas direções em que se observa uma determinada estrela de dois pontos diferentes (ou o deslocamento aparente dessa estrela quando se muda o ponto de observação).

Paralelo: círculo menor da **esfera celeste**, paralelo ao círculo máximo do **equador celeste**.

Período assírio: período de maior extensão do Império Assírio (c.883-612 AEC), quando conquistaram a Fenícia, a Palestina e o Egito.

Período ptolomaico: período entre 323-30 AEC em que o Egito foi dado a Ptolomeu I Sóter, um dos generais de Alexandre o Grande.

Planisfério celeste: representação da **esfera celeste** numa superfície plana.

Pólo celeste: cada um dos pólos que dista 90° do **equador celeste**, a conhecer: pólo celeste sul – também conhecido como pólo austral ou antártico, e pólo celeste norte – também chamado de pólo boreal ou ártico. O pólo celeste também pode ser pensado como o ponto imaginário onde o eixo de rotação da Terra intercepta a **esfera celeste** (em outras palavras, a projeção do pólo geográfico sobre a **esfera celeste**).

Pólo eclíptico: cada um dos pólos que dista 90° da **eclíptica** e está afastado dos **pólos celestes** cerca de $23,5^\circ$.

Ponto de vista externo: quando as figuras das **constelações** são retratadas como vistas do lado de fora da **esfera celeste** – visão normalmente adotada nos **globos celestes**.

Ponto de vista interno: quando as figuras das **constelações** são retratadas exatamente como vistas por um observador situado no centro da **esfera celeste** – o que é mais apropriado para as observações astronômicas.

Ponto Vernal: também chamado Ponto de Áries ou Ponto Gama (γ), é o ponto da **esfera celeste** situado na interseção da **eclíptica** com o **equador celeste** no qual o Sol, em seu movimento aparente anual, passa do hemisfério sul para o norte.

Precessão dos equinócios: movimento cíclico dos **equinócios** ao longo da **eclíptica**, na direção oeste, causado principalmente pela ação gravitacional do Sol e da Lua no bojo equatorial da Terra, e que tem um período de aproximadamente 25.868 anos. Ver Apêndice B.

Projeção estereográfica: tipo de projeção que apresenta algumas propriedades que a tornam ideal para a astronomia: não há deformação angular (os ângulos na **esfera celeste** são preservados), os paralelos são círculos desigualmente espaçados (com o espaçamento entre eles aumentando a medida que se afasta do ponto central da projeção) e os **meridianos** são linhas retas igualmente espaçadas.

Pulsar: estrela compacta que emite um cone direcionado de ondas de rádio, ao mesmo tempo em que gira muito rapidamente. Se o cone de radiação atingir a Terra, receberemos pulsos que se repetem em intervalos extremamente regulares de poucos segundos ou mili-segundos (“efeito farol”).

Redshift: também chamado “desvio para o vermelho”, consiste na mudança do comprimento de onda das radiações luminosas observadas no espectroscópio – em função da velocidade relativa entre a fonte (que emite) e o receptor (que observa). Ver efeito Doppler-Fizeau.

Refração astronômica: encurvamento da trajetória da luz ao atravessar a atmosfera. O resultado é que o astro parece sempre estar mais alto (em relação ao horizonte) do que realmente está.

Resolução: capacidade de um **telescópio** de distinguir os elementos constituintes de um objeto.

Selo cilíndrico: cilindro onde eram esculpidos textos e desenhos, usado pelos mesopotâmios para rolar uma impressão numa superfície bidimensional (normalmente argila molhada).

Solstício: instantes do ano em que o Sol, em seu movimento aparente na **esfera celeste**, atinge seu máximo afastamento do **equador celeste** – para o norte e para o sul.

Telescópio: instrumento capaz de aumentar a imagem dos corpos celestes, fazendo com que pareçam estar mais próximos. Há dois tipos de telescópio: o refrator (ou luneta) – utiliza lentes e foi o primeiro a ser inventado, e o refletor (ou telescópio refletor) – que utiliza espelhos.

Velocidade radial: velocidade na linha de visada do observador, ou seja, a velocidade com que um objeto se aproxima ou se afasta do observador.

Vertical: linha que segue a direção do fio de prumo de um lugar, atravessando a **esfera celeste** em dois pontos: o **zênite** e o **nadir**.

Via Láctea (ou Galáxia): **galáxia** espiral constituída de centenas de bilhões de estrelas onde se encontra o sistema solar.

Visível: porção do **espectro** eletromagnético que pode ser captada pelo olho humano.

Xilogravura: processo de criação de imagens (ou textos impressos) reproduzíveis em várias cópias, que tem como matriz uma tábua de madeira onde são feitas incisões com instrumentos apropriados; ao final da gravação a matriz é impregnada de tinta.

Zênite: uma das interseções da **vertical** do lugar com a **esfera celeste** (a outra interseção é o **nadir**).

Zodíaco: faixa de 8° ao norte e ao sul da **eclíptica**, na qual se movem o Sol, a Lua e os planetas.

CRÉDITOS DAS IMAGENS

- Figura 1: <<http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/2679675.stm>>.
- Figura 2: <<http://www.iau.org/public/constellations/>>.
- Figura 3: <http://en.wikipedia.org/wiki/File:Nebra_Scheibe.jpg>.
- Figura 4: <http://www.astrosurf.com/aagc/gt_historia_constelaciones/historia.htm>.
- Figura 5: <http://www.astrosurf.com/aagc/gt_historia_constelaciones/historia.htm>.
- Figura 6: <<http://www.danielmarin.es/hdc/egipto.htm>>.
- Figura 7: <http://www.astrosurf.com/aagc/gt_historia_constelaciones/farnese.htm>.
- Figura 8: <http://www.astrosurf.com/aagc/gt_historia_constelaciones/farnese.htm>.
- Figura 9: <http://www.astrosurf.com/aagc/gt_historia_constelaciones/farnese.htm>.
- Figura 10: <<http://astrolabes.org/pages/individual.htm>>.
- Figura 11: <<http://astrolabes.org/pages/individual.htm>>.
- Figura 12: <<http://bodley30.bodley.ox.ac.uk:8180/luna/servlet/view/all/what/MS.+Marsh+144>>.
- Figura 13: <<http://bodley30.bodley.ox.ac.uk:8180/luna/servlet/view/all/what/MS.+Marsh+144>>.
- Figura 14: Stott (1991).
- Figura 15: Stott (1991).
- Figura 16: <<https://disc.leidenuniv.nl>>.
- Figura 17: <<http://www.bl.uk>>.
- Figura 18: <<http://digidollgc.org.uk/METS/AST00001/frames?div=0&subdiv=0&locale=en&mode=thumbnail>>.
- Figura 19: <<http://www.bl.uk/catalogues/illuminatedmanuscripts/ILLUMIN.ASP?Size=mid&IllID=15418>>.
- Figura 20: <<http://www.atlascoelestis.com/Manoscritto%20vienna%2001.htm>>.
- Figura 21: <http://lhldigital.lindahall.org/cdm/landingpage/collection/astro_atlas>.
- Figura 22: <<http://www.atlascoelestis.com/durer%20a.htm>>.
- Figura 23: <<http://www.atlascoelestis.com/durer.htm>>.
- Figura 24: <<http://lhldigital.lindahall.org/cdm/singleitem/collection/test/id/1682/rec/1>>.
- Figura 25: <<http://www.atlascoelestis.com/Horos%20planisfero.htm>>.
- Figura 26: Stott (1991).
- Figura 27: Stott (1991).
- Figura 28: <<http://www.atlascoelestis.com/pic%2022%20e%2023.htm>>.
- Figura 29: <<http://www.atlascoelestis.com/Vopel%202010%20base.htm>>.
- Figura 30: <<http://www.atlascoelestis.com/Vopel%202010%20base.htm>>.
- Figura 31: <<http://hcl.harvard.edu/libraries/maps/exhibits/mercator/main.html>>.

Figura 32: <<http://hcl.harvard.edu/libraries/maps/exhibits/mercator/main.html>>.

Figura 33: <http://lhldigital.lindahall.org/cdm/landingpage/collection/astro_atlas>.

Figura 34: <http://lhldigital.lindahall.org/cdm/landingpage/collection/astro_atlas>.

Figura 35: <<http://skyserver.sdss3.org/dr9/en/astro/>>.

Figura 36: <http://www.caha.es/images/stories/PR/tycho/denovastella_complete.jpg>.

Figura 37: <<http://antt.dgarq.gov.pt>>.

Figura 38: <<http://nationaltreasures.nla.gov.au/%3E/Treasures/item/nla.int-ex6-s29>>.

Figura 39: <<http://www.atlascoelestis.com/1.htm>>.

Figura 40: <<http://pavooobs.hu/index.php?page=pavo>>.

Figura 41: <<http://pavooobs.hu/index.php?page=pavo>>.

Figura 42: <<http://www.ianridpath.com/startales/polophylax.htm>>.

Figura 43: <<http://collections.rmg.co.uk/mediaLib/360/media-360270/large.jpg>>.

Figura 44: <<http://www.atlascoelestis.com/Bartsch.htm>>.

Figura 45: <<http://www.atlascoelestis.com/Bartsch.htm>>.

Figura 46: <http://lhldigital.lindahall.org/cdm/landingpage/collection/astro_atlas>.

Figura 47: <http://lhldigital.lindahall.org/cdm/landingpage/collection/astro_atlas>.

Figura 48: <http://www.lindahall.org/events_exhib/exhibit/exhibits/stars/kep_.htm>.

Figura 49: <http://www.lindahall.org/events_exhib/exhibit/exhibits/stars/kep_.htm>.

Figura 50: <http://www.lindahall.org/events_exhib/exhibit/exhibits/stars/kep_.htm>.

Figura 51: <http://lhldigital.lindahall.org/cdm/landingpage/collection/astro_atlas>.

Figura 52: <http://lhldigital.lindahall.org/cdm/landingpage/collection/astro_atlas>.

Figura 53: <http://lhldigital.lindahall.org/cdm/landingpage/collection/astro_atlas>.

Figura 54: <http://lhldigital.lindahall.org/cdm/landingpage/collection/astro_atlas>.

Figura 55: <http://lhldigital.lindahall.org/cdm/landingpage/collection/astro_atlas>.

Figura 56: <http://www.f.waseda.jp/sidoli/Galileo_Sidereus_Nunciuss.pdf>.

Figura 57: <http://www.lindahall.org/events_exhib/exhibit/exhibits/stars/index.htm>.

Figura 58: <http://www.lindahall.org/events_exhib/exhibit/exhibits/stars/index.htm>.

Figura 59: <http://www.lindahall.org/events_exhib/exhibit/exhibits/stars/index.htm>.

Figura 60: <<http://standrewsrarebooks.files.wordpress.com/2013/01/hevelius-comet.jpg>>.

Figura 61: <http://www.lindahall.org/events_exhib/exhibit/exhibits/stars/hev_hev.htm>.

Figura 62: <http://www.lindahall.org/events_exhib/exhibit/exhibits/stars/hev_hev.htm>.

Figura 63: <http://lhldigital.lindahall.org/cdm/landingpage/collection/astro_atlas>.

Figura 64: <http://lhldigital.lindahall.org/cdm/compoundobject/collection/astro_atlas>.

Figura 65: <<http://www.atlascoelestis.com/Halley%201679%20base.htm>>.

Figura 66: <http://www.lindahall.org/events_exhib/exhibit/exhibits/stars/fla_bay2.htm>.
Figura 67: <http://www.lindahall.org/events_exhib/exhibit/exhibits/stars/fla_bay2.htm>.
Figura 68: <http://lhldigital.lindahall.org/cdm/compoundobject/collection/astro_atlas>.
Figura 69: <http://lhldigital.lindahall.org/cdm/compoundobject/collection/astro_atlas>.
Figura 70: <http://lhldigital.lindahall.org/cdm/compoundobject/collection/astro_atlas>.
Figura 71: <<http://www.atlascoelestis.com/88%20lacaille.htm>>.
Figura 72: Bakich (1995).
Figura 73: <http://www.lindahall.org/events_exhib/exhibit/exhibits/stars/for_fla.htm>.
Figura 74: <http://www.lindahall.org/events_exhib/exhibit/exhibits/stars/for_fla.htm>.
Figura 75: <http://lhldigital.lindahall.org/cdm/compoundobject/collection/astro_atlas>.
Figura 76: <http://www.lindahall.org/events_exhib/exhibit/exhibits/stars/lal_for.htm>.
Figura 77: <http://www.lindahall.org/events_exhib/exhibit/exhibits/stars/lal_for.htm>.
Figura 78: <http://www.lindahall.org/events_exhib/exhibit/exhibits/stars/index.htm>.
Figura 79: <http://www.lindahall.org/events_exhib/exhibit/exhibits/stars/index.htm>.
Figura 80: <http://lhldigital.lindahall.org/cdm/compoundobject/collection/astro_atlas>.
Figura 81: <http://lhldigital.lindahall.org/cdm/compoundobject/collection/astro_atlas>.
Figura 82: <http://lhldigital.lindahall.org/cdm/compoundobject/collection/astro_atlas>.
Figura 83: <http://lhldigital.lindahall.org/cdm/compoundobject/collection/astro_atlas>.
Figura 84: <http://lhldigital.lindahall.org/cdm/compoundobject/collection/astro_atlas>.
Figura 85: <<http://www.ianridpath.com/atlas/jamieson.htm>>.
Figura 86: <<http://www.philaprintshop.com/leigh.html>>.
Figura 87: <<http://teca.bncf.firenze.sbn.it/ImageViewer/servlet/ImageViewer?idr=BNCF0003496023>>.
Figura 88: Francoeur (1853).
Figura 89: <<http://lhldigital.lindahall.org/cdm/singleitem/collection/test/id/1676/rec/1>>.
Figura 90: <<http://www.atlascoelestis.com/20.htm>>.
Figura 91: <http://lhldigital.lindahall.org/cdm/compoundobject/collection/astro_atlas>.
Figura 92: <<http://lhldigital.lindahall.org/cdm/singleitem/collection/test/id/1691>>.
Figura 93: <http://lhldigital.lindahall.org/cdm/compoundobject/collection/astro_atlas>.
Figura 94: <http://lhldigital.lindahall.org/cdm/compoundobject/collection/astro_atlas>.
Figura 95: Lovi (1987).
Figura 96: <<http://historiadelastronomia.wordpress.com/documentos/uranometria-argentina/ua1877/>>.
Figura 97: <<http://historiadelastronomia.wordpress.com/documentos/uranometria-argentina/ua1877/>>.
Figura 98: <<http://historiadelastronomia.wordpress.com/documentos/uranometria-argentina/ua1877/>>.
Figura 99: <<http://www.aip.org/history/cosmology/tools/tools-spectroscopy.htm>>.

Figura 100: <http://www.astrosurf.com/re/david_gill_CPD.pdf>.

Figura 101: <<http://www.aip.org/history/cosmology/tools/tools-spectroscopy.htm>>.

Figura 102: <http://www.astrosurf.com/re/carte_du_ciel.pdf>.

Figura 103: Lovi (1987).

Figura 104: Lovi (1987).

Figura 105: Lovi (1987).

Figura 106: Upton (1896).

Figura 107: Delporte (1930).

Figura 108: Norton (1910).

Figura 109: Kanas (2007).

Figura 110: <http://www.ta3.sk/public_relation/becvar/AC_C.jpg>.

Figura 111: <http://www.astromart.com/classifieds/details.asp?classified_id=105187>.

Figura 112: Tirion (1988).

Figura 113: Menzel (1986).

Figura 114: Lovi (1987).

Figura 115: <http://www.astrofoto.ca/stuarheggie/ccd_photos/M45_RGB_Big.jpg>.

Figura 116: <<http://www.uv.es/jrtorres/index.html>>.

Figura 117: <<http://aladin.u-strasbg.fr/aladin.gml>>.

Figura 118: Kanas (2007).

Figura 119: Tirion (1987).

Figura 120: <<http://sci.esa.int/education/13555-success-story/?fbodlongid=1034>>.

Figura 121: <<http://www.taringa.net/posts/ciencia-educacion/10578744/>>.

Figura 122: <<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b3/2dfdtfe.gif>>.

As figuras dos Apêndices A e B foram tiradas de <<http://astro.if.ufrgs.br/>>.