



Multiplicidade no ensino de química: diálogos entre triângulo de Johnstone e concepções alternativas

Multiplicity in chemistry teaching: dialogues between Johnstone's triangle and alternative conceptions

Hysdras Ferreira do NASCIMENTO

CEDERJ - Pólo São Gonçalo, Universidade Federal do Rio de Janeiro
hysdrasnascimento@gmail.com

Igor Dessupoio SILVA

CEDERJ - Pólo São Gonçalo, Universidade Federal do Rio de Janeiro
idesupoio@ufrj.br

Ramon da Conceição FAGUNDES

CEDERJ - Pólo São Gonçalo, Universidade Federal do Rio de Janeiro
ramon.c.fagundes@gmail.com

Priscila TAMIASSO-MARTINHON

Instituto de Química e Programa de Pós-graduação em História das Ciências e das
Técnicas e Epistemologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro
pris-martinhon@hotmail.com

Célia Regina Souza da SILVA

Instituto de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro
sousa@iq.ufrj.br

Abstract. *One of the biggest challenges for teaching Chemistry today is connecting knowledge to students' reality. Hence the need to use new methodologies and teaching resources, hoping for a more active, investigative and interesting education. Experimentation takes on a leading role, bringing dynamism to chemistry teaching in Brazilian basic education. By connecting the experiences of students, we seek an inclusive and meaningful teaching for the learning process, which becomes an essential part of capturing students' attention, awakening curiosity, mediating links between specific content and accumulated knowledge. This paper intends to present the construction of chemical knowledge in parallel with Johnstone's methodology, meaningful and active learning, at the expense of traditional theories still rooted in Brazilian educational practices.*



Keywords: *Johnstone's Triangle. Chemistry teaching. Historical-dialectical materialism.*

Resumo. Um dos maiores desafios para o ensino de Química na contemporaneidade está em conectar o conhecimento à realidade dos alunos. Daí a necessidade de se utilizar novas metodologias e recursos didáticos, esperando uma educação mais ativa, investigativa e interessante. A experimentação assume protagonismo, trazendo dinamicidade ao ensino de química para a educação básica brasileira. Enlaçando a vivência de sujeitos discentes, projeta-se um ensino de cunho agregador e significativo para o processo de aprendizagem, tornando-se parte essencial na atração da atenção, no despertar da curiosidade, e mediando laços entre conteúdo específico e saber acumulado. O presente trabalho pretende apresentar a construção do conhecimento químico em paralelo à metodologia de Johnstone, significativa e ativa de aprendizagem, em detrimento de teorias tradicionais ainda arraigadas no seio das práticas educacionais brasileiras.

Palavras-chave: Triângulo de Johnstone. Ensino de química. Materialismo histórico-dialético.

Recebido: 22/02/2023 Aceito: 25/09/2023 Publicado: 28/10/2023

DOI:10.51919/revista_sh.v1i0.385

1. Introdução

Um dos maiores obstáculos do ensino de química no ambiente escolar é a construção de uma ponte entre a transmissão do conhecimento e a vivência dos estudantes no mundo (OLIVEIRA, 2008; MORTIMER et al., 2000). Em termos de aplicabilidade prática, o ensino de química disponibiliza um extenso arsenal de recursos didáticos, onde a experimentação ocupa papel de destaque (GIORDAN, 1999). Em busca de reproduzir experimentos acessíveis que sejam atrelados ao cotidiano dos alunos, com cunho agregador e significativo para o processo de aprendizagem, torna-se essencial atrair a atenção, despertar a curiosidade e mediar laços entre conteúdo específico e saber acumulado (SCHNETZLER; SANTOS, 1996). Em meio a cortes de recursos e reformulação do currículo mínimo, o sistema de educação pública no Brasil, em todos os níveis, exerce papel de resistência para continuar oferecendo suporte básico à população.

Concepções sociais e vivências desenham a formação de identidade do indivíduo (SCHNETZLER; SANTOS, 1996), que conduz sua própria bagagem ao ambiente escolar. Na sala de aula, em específico, realizam-se permutas efetivas de saberes nos eixos aluno-professor-aluno, e nesse espaço de integração, a sistematização de conceitos científicos surge como manobra didática capaz de organizar o diálogo (JUNIOR et al., 2008). Pozo (1998) caracteriza concepção alternativa como um significado simplificado, em outros termos, uma forma condensada de explicar fenômenos ou normas científicas. Por esse motivo, essa percepção pode ser mutável, variando de acordo com narrativas pessoais criadas espontaneamente pelos alunos, de modo que concentre interações com suas vidas e ambientes de troca social. Nessa perspectiva, a concepção alternativa procura organizar e dar sentido a diversos ambientes de ensino e

conteúdos, baseando o processo de ensino-aprendizagem em sala de aula na construção de uma relação entre conteúdo, óptica do estudante e campo de aplicação do conhecimento científico (SILVA; NETO, 2021).

Em um cenário onde o conteúdo didático prioriza a transmissão de conhecimento específico, tornando-o muito teórico e pouco prático (POZO, 1998), a pesquisa educacional com foco na análise de concepções alternativas, parte do pressuposto de que a aprendizagem escolar é afetada pelos conhecimentos que os alunos adquiriram durante suas vidas, além de estimular a discussão acerca da inconsistência da concepção alternativa em um plano cientificamente aceito (SIMPSON; ARNOLD, 1982). O contato com a ciência configura uma espécie de letramento científico. Se por um lado, o ensino de investigação e argumentação desempenha atribuição na pesquisa científica, por outro, agrega conformação interativa e lúdica no desenvolvimento de alfabetização científica em formatos tradicionais de aprendizagem (CARVALHO; SASSERON, 2012). Essa dubiedade pode ser considerada um obstáculo para a pesquisa científica, uma vez que considera o papel de professores e alunos na produção de educação científica, qualificando o conhecimento escolar, que em termos de formação, compreende preferivelmente diferentes necessidades sociais, históricas e culturais (SCHNETZLER; SANTOS, 1996).

No ambiente escolar, o estudo de reações químicas, apontado como conceito básico por pesquisadores e docentes (IZQUIERDO-AYMERICH, 2013), pouco se relaciona com a vivência pessoal do aluno, situação que produz um efeito em cadeia durante o processo de aprendizagem de conhecimento específico em química (Rosa e Schnetzler, 1998). Mortimer e Miranda (1995) destacam que o ensino de química emprega preferencialmente equações com o intuito de expressar reações químicas, e somente em segundo plano, desenvolve-se conceitos que cercam os fenômenos envolvidos nas transformações químicas. Diante disso, a teia de assimilação de diferentes conceitos específicos sofre abalo, e sob um ponto de vista discente, torna-se confuso conectar fenômenos que ocorrem na escala observacional com postulados conceituais em níveis atômico e molecular (SILVA; NETO, 2021). O saber químico desempenha uma função substancial na esfera social (SCHNETZLER; SANTOS, 1996), e por seu intermédio, em interface com pensamento crítico e novas demandas por inovações em tecnologia, faz-se possível transformar realidades (CHASSOT, 1995).

A institucionalização da filosofia da química, como um campo de pesquisa especializado, se estruturou num período recente. Na década de 1990, a imagem pública sobre química, químicos, historiadores, filósofos e educadores químicos viabilizou a abertura de um processo interativo e dialógico, onde se instaurou a discussão sobre a natureza da função da química no mundo moderno (SCHUMMER, 1997). A filosofia da química não se concentra de forma única no esforço de filósofos científicos especialistas no ramo da pesquisa. O reforço de novos olhares amplia a reflexão sobre a singularidade dessa ciência.

2. Discussão e Reflexões

O ensino de química viabiliza que o aluno se apodere de conhecimento, para além de seu desenvolvimento intelectual (SIQUEIRA; MORADILLO, 2017), consolidando-se, assim, um elemento ativo capaz de exercer socialmente um papel humano e crítico (SCHNETZLER; SANTOS, 1996). Em sua fala, Siqueira e Moradillo (2017) apoiam que o ensino de química deve estimular os alunos a analisarem a sociedade de forma crítica, e que proponham mudanças, como no trecho:

Assim, parece haver um oculto convite para a “mudança de atitudes” em relação às atividades individuais, como é vastamente publicado em campanhas (“Evite o desperdício”, “Não jogue lixo em lugares inadequados”), sem, entretanto, tecer uma crítica à forma de produção capitalista, maior exploradora do homem e da natureza, esta sim maior causadora desses problemas em sua fome pelo lucro e capital, que extrai e inutiliza os recursos naturais em uma velocidade e uma extensão muito mais elevada que qualquer indivíduo ou comunidade. (SIQUEIRA; MORADILLO, 2017, p. 8)

Guimarães (2009) destaca a passividade do aluno durante o processo de aprendizagem em moldes tradicionais de ensino, onde o professor assume o papel de transmissor de conhecimento, e o estudante, de receptor. Dentro desse formato de ensino, a informação específica, em sua maioria, não se insere e não se articula de forma efetiva com o arsenal de saberes do próprio aluno, resultando em uma aprendizagem não-significativa. Quando não existe essa conexão, informações são meramente transmitidas em sala de aula, reafirmando uma situação de desvalorização dos saberes dos alunos (SCHNETZLER; SANTOS, 1996).

Após anos de discussão e busca por destaque em métodos de ensino investigativos, Grandy e Duschl (2007) enfatizam que a agenda de ensino por investigação ocupa posição de protagonismo no currículo. Nesse plano, o professor promove uma discussão, estimulando os alunos a operarem seus instintos investigativos, promovendo uma investigação em diálogo com a ciência. A compreensão do conhecimento científico vem sendo modificada, como consequência, abre-se espaço para novas ideias e propostas investigativas para a sala de aula, e nesses moldes, a investigação passa a ser um recurso didático válido (MONTEIRO et al., 2020). Por esse motivo, além de construir conhecimento científico, a investigação em sala de aula também pode oferecer soluções práticas a situações cotidianas, com base no questionamento da relação causal entre variáveis que explicam fenômenos (CHASSOT, 1996). Na observação, hipóteses se organizam de forma a pavimentar o raciocínio dedutivo, e para além, surge a possibilidade de mudança conceitual que culmina no desenvolvimento de ideias finais, teorias e construção de modelos (PETRINI; POZZEBON, 2009).

A experimentação entra como aliada no processo de construção de conhecimento científico (GIORDAN, 1999) e no entendimento de que ciência se articula sob métodos sistemáticos de observação em alinhamento com a teoria (GUIMARÃES, 2009), que agregam funções sociais e históricas (SCHNETZLER; SANTOS, 1996). No entanto, o uso da experimentação deve ser além de um mero instrumento de exemplificação de determinado conteúdo, com respostas prontas para

questionamentos de outros, interpreta-se que experimentação como método/estratégia de aproximação do aluno com a ciência (GUIMARÃES, 2009), com exercício de uma investigação de cunho curioso e motivacional (GIORDAN, 1999). Junior e colaboradores_(2008) diferenciam, a partir da forma como o professor conduz, dois tipos de experimentação, ilustrativa e investigatória, no trecho:

A experimentação ilustrativa geralmente é mais fácil de ser conduzida. Ela é empregada para demonstrar conceitos discutidos anteriormente, sem muita problematização e discussão dos resultados experimentais. Já a experimentação investigativa, por sua vez, é empregada anteriormente à discussão conceitual e visa obter informações que subsidiem a discussão, a reflexão, as ponderações e as explicações, de forma que o aluno compreenda não só os conceitos, mas a diferente forma de pensar e falar sobre o mundo por meio da ciência. (JUNIOR et al., 2008, p. 1)

A experimentação investigativa pode então ser dividida basicamente em momentos, onde, primeiramente, o professor articula uma discussão, estimulando os alunos a expor seus saberes, além de estimular a reflexão contradições e limites dos argumentos apresentados. Na etapa intermediária, estrutura-se, de forma sistemática, os saberes científicos básicos que cercam a problemática inicial. Por fim, o conhecimento abordado e compreendido pelos alunos, capturado em seu arsenal de saberes, passando a ser sistematizado e passível de aplicação na problemática inicial e em outras situações. Sob essa ótica, o professor se insere então como o condutor da prática, articulador do conhecimento científico e, principalmente, estimulador de questionamentos acerca de resultados esperados (JUNIOR et al., 2008).

Com base em revisão bibliográfica acerca do entendimento sobre transformação química, Andersson (1990) categorizou a percepção dos alunos em cinco grupos: desaparecimento, deslocamento, modificação, transmutação e interação química. No entanto, mesmo que divergentes, as compreensões de transformação química se unem em um ponto determinante, a restrição da aplicabilidade do conceito em diversas situações, fato que pode ser notado quando os alunos delimitam o estado microscópico sob ponto de vista uno e observacional de uma conjuntura macroscópica (ROSA; SCHNETZLER, 1998).

A insuficiência de demarcações definidas entre o fenômeno observado em escala macroscópica e o conceito intrínseco de conhecimento científico em microescala, nível atômico e molecular (ROSA; SCHNETZLER, 1998), na concepção de transformação química, agrega mais discussão ao processo de ensino-aprendizagem de química. Alunos ainda sentem dificuldade em entender a função de conhecimentos teóricos específicos (MORTIMER et al., 2000) durante a análise e interpretação de fenômenos, além de apresentarem problemas no desenvolvimento de conceitos essenciais dentro do conhecimento de química, tal como a noção de substância (LAMBACH; MARQUES, 2014).

Johnstone (2006) destaca que o ensino de química, quando emprega atividades investigativas como ferramenta didática, com o intuito de estabelecer conexões entre fenômenos e teoria, necessita que o conhecimento químico se expresse em três esferas, macroscópico, atômico-

molecular ou interpretação do submicroscópico, e matemático ou expressão representacional. Por isso, sob uma visão assimétrica, o modo de entender os mundos macro e micro se insere em uma relação da superioridade (ERDURAN et al., 2007). Portanto, com a intenção de viabilizar modificações nas aulas de química, torna-se necessário inserir conceitos de filosofia da química na formação de professores, com ênfase em aspectos conceituais e epistemológicos da relação entre os estados micro e macro. Dentro dessa narrativa, a transmissão de conceitos específicos tornar-se-á mais eficaz, facilitando o processo de aprendizagem (ERDURAN et al., 2007).

O professor Johnstone (1982) pondera ainda que a maior dificuldade no aprendizado de química se deve ao fato do processo de ensino ser voltado, quase inteiramente, para o ponto alto do triângulo – macro e símbolo –, sem conexão com a vivência dos alunos. Nesse ambiente de aprendizagem, a habilidade de modelagem, em essência, se desenvolve com hiatos. Orientados por essa construção, estudantes voltam-se a elucidar fenômenos químicos em um nível macro, competência que requer menor capacidade de abstração, como o nível submicroscópico. Com o apoio da psicologia de Ausubel, Johnstone (1982; 1993) defendeu que, no ensino de química, alunos deveriam mover os três vértices da triangulação dentro de um novo triângulo, que envolve três componentes da química. Conforme esse modelo, reações químicas se tornam explicáveis nos seguintes níveis: macro, com a descrição das condições empíricas; submicro, com modelos de partículas; e simbólico, com transformações químicas representadas por fórmulas e equações.

Mesmo que o método de sistematização do conhecimento apresente-se em três níveis, segundo o modelo de Johnstone, situação muito comum no ensino de química, inúmeras falhas ainda persistem, principalmente na ausência de distinção entre as esferas observacional e submicroscópica. Por se tratar de uma organização pioneira no ensino de química, o triângulo de Johnstone recebeu duras críticas por descuidos filosóficos ligados a troca entre os campos de argumentos, além de confusão no entendimento entre as três esferas de conhecimento (ARAUJO NETO, 2009). Análise epistemológica no modelo de Johnstone, destaca que o pesquisador desenvolve um desvio do plano ontológico, representado pelos níveis macroscópico e microscópico, em outras palavras, material, com as linhas conceituais e empíricas. Labarca (2010 apud SILVA; NETO, 2021) sublinha, no trecho, que:

planos diferentes não poderiam estar representados como vértices em um mesmo triângulo, ou seja, como planos equivalentes. Podemos tomar o nível macroscópico e o nível submicroscópico como sendo níveis diferentes para um mesmo plano ontológico, pois fazem parte de uma mesma materialidade, de uma mesma razão de ser. (LABARCA, 2010 apud SILVA; NETO, 2021, p. 06)

O sistema materialista histórico e dialético, desenvolvido por Karl Marx (1818-1883), pode ser entendido como o conjunto de metodologias que interpretam a realidade, compreensão de mundo e práxis, onde opera-se uma preocupação com naturezas materiais e históricas (PIRES, 1997). Indivíduos assimilam narrativas reais e cotidianas fazendo uso de métodos investigativos, então na etapa de observação, hipóteses e explicações se organizam de forma a pavimentar o raciocínio dedutivo. Nessa perspectiva, a construção do entendimento acerca de um objeto ou

fenômeno é passível de reprodução no plano cognitivo a materialização do próprio, tal como uma manutenção intelectual de que atravessa a realidade. Projeta-se então superar dicotomias específicas do raciocínio convencional, como os pares macro-micro e quanti-qualitativo expressos no triângulo de Johnstone (SILVA; NETO, 2021).

Considerando ainda que as representações são frutos de condições simbólicas cognitivas do material, e atribuindo caráter interpretativo individual à realidade, pode-se reproduzir e substituir concepções, onde a percepção própria ocupa local de destaque. Silva e Neto (2021), no trecho, afirmam ainda que:

O substituto, ou representante, está envolvido em uma estratégia complexa na qual toma o lugar de algo para alguém (ou para outro algo), ao mesmo tempo em que não é o representado, pois uma representação nunca é e nunca será uma cópia da realidade. (SILVA; NETO, 2021, p. 11)

O trabalho de Silva e Neto (2021) cerca o triângulo de Johnstone com uma narrativa argumentativa e crítica desde concepção, entendimento, limitações e aplicação do modelo, com base no referencial desenvolvido por Karl Marx de uma perspectiva materialista histórica e dialética. Os autores propõem romper com as fronteiras entre o fenômeno observado e o mundo microscópico com o intuito de criar vínculos entre conhecimento específico e representações figurativas.

A história e as visões filosóficas do ensino de química integram e ajudam a construir relação entre reações químicas, e dentro dessa narrativa, a investigação pode orientar melhor a seleção de fatos e a ordem de abordagem. Filosofia da química, especialmente a linguagem da química de valores, pode ser entendida como o resultado de anos de reflexão, através do estabelecimento e aprimoramento de metáforas, representações e experiências abstratas. Em suma, o campo da linguagem química passa a ser uma habilidade importante, para os professores orientarem a química escolar (IZQUIERDO-AYMERICH, 2013).

A introdução de conceitos de componentes químicos, como substâncias e misturas, conceitos de átomos, moléculas e íons, associa a noção de menor complexidade ao ensino de química. A composição da matéria pode ser relacionada a modelos submicroscópicos, tais como: modelos de volume de gás, líquido e sólido; modelos atômicos; e modelos de ligações químicas. A problemática contorna a discussão acerca do conceito de substância e mistura química, a partir da análise desse par conceitual, fermenta-se a discussão sobre pureza de substâncias, com foco no mundo moderno (SILVA et al., 2007).

No entanto, diversas questões relacionadas aos conceitos específicos, aliadas as definições simplórias e/ou superficiais apresentadas nos livros didáticos, dificultam a compreensão de sua essência significativa (TAVARES; ROGADO, 2005; BELLAS, 2018). E como educadores no campo da química, torna-se indispensável pensar na transposição do conceito de substância como uma ferramenta de potencialização da construção narrativa de pensamento químico em alunos. Partindo dessa visão, uma mera descrição detalhada de atributos não se faz tão entendível, em

vez disso, toma-se uma direção alternativa de ensino-aprendizagem, que proponha focar em como usar características para definir substância (JOHNSON, 2001).

O foco real dos estudantes, como seus próprios construtores de conhecimento, parte de teorias de aprendizagem construtivistas cognitivas, baseadas em recursos decisivos para a retomada de conceitos anteriores. Essa visão cognitiva construtivista da aprendizagem se deve ao modelo de Ausubel, Novak e Hanesian (1981). Com ênfase na aprendizagem significativa, a teoria de Ausubel e colaboradores (1981) associa o processo no qual novas informações são relacionadas aos aspectos relevantes da estrutura de conhecimento pessoal. De acordo com a pesquisa de Moreira e Masini (1982), a aprendizagem significativa só ocorre quando o novo material, dotado de um arcabouço lógico, interage com conceitos relevantes e inclusivos em uma estrutura cognitiva clara e utilizável. A aprendizagem mecânica ocorre então, quando o sujeito não relaciona o conceito em sua estrutura cognitiva, ao invés de associar novas informações a conceitos já adquiridos. Ausubel e colaboradores (1981, p. 9) apontam que “o fator mais importante que afeta a aprendizagem é o que o aluno já sabe. Determine e ensine de acordo”.

A aproximação dos alunos com o conceito de substância química pode ser realizada com exemplos do cotidiano, tais como produtos de limpeza doméstica. Contudo, para a maioria dos alunos, ainda é complexo conectar química com suas vivências. Isso ocorre visto que a química transmitida, no ambiente escolar, acaba por ser sintetizada perante moldes técnicos com uso de fórmulas, nomes e reações, estabelecendo um distanciamento dos conhecimentos escolares e científicos (ROSA, 1996). A interface entre química teórica e experimental torna-se então fundamental para que o sujeito compreenda, investigue e critique o que se passa ao seu redor. E este é o semblante translúcido da ciência. Nessa interpretação, transfigura-se o ato de pensar e praticar ciência de um laboratório para um ambiente qualquer.

Por conseguinte, a atividade do químico compreende duas características complementares, sendo a primeira, atividades práticas e especiais que lidam com materiais próprios, numa óptica macro, e a segunda, atividades teóricas e concepções de fatos observáveis. Na integralidade dos casos, o arsenal de conhecimento acerca de soluções e modelos parece ser interpretado em interface com a teoria micromolecular geral. Comportamento e pensamento do químico, por intermédio desses métodos, produz uma ciência que aglutina visões companheiras (CHAGAS, 1989).

3. Considerações Finais

Com base nas referências dialogadas e considerando que a atualidade dispõe de um extenso arsenal de metodologias que exploram a potencialidade do conhecimento acumulado por trocas sociais dos alunos, o desafio que se delinea para o ensino de química é metodológico. As metodologias hoje disseminadas são ineficazes para a necessária motivação e o despertar de um interesse integral por parte dos alunos. Os professores de química possuem, neste contexto, função de extrema importância como agentes transformadores, de si mesmos e de seus alunos.

Ao se construir uma narrativa coletiva e dialogada que projete formar cidadãos emancipados, docentes transformam também o conhecimento científico em recurso, a partir do qual os alunos se qualificam para ler criticamente o mundo. Vale destacar que as críticas apresentadas neste ensaio se voltam para uma remodelagem da educação, através da qual a química científica ceda lugar a uma química do cotidiano, a química no contexto escolar, em oposição a mera reprodução de conteúdo, que contribui para a exclusão no ensino de ciências.

A educação brasileira ainda se encontra arraigada em metodologias tradicionais que acentuam as concepções alternativas como um entrave no ensino, e compreender as interseções, viabiliza o desenvolvimento de ferramentas úteis para transformar o pensamento aplicado à ciência no ambiente escolar. Muitos autores pesquisam sobre o assunto e, em concordância com eles, chegamos à conclusão que alunos apresentam dificuldade na assimilação passiva de conceitos específicos, especialmente quando apresentados às transformações químicas. As transformações químicas sintéticas assumem protagonismo em relação às transformações químicas que ocorrem na natureza. De fato, as últimas são diminutas ou ausente do ensino de química nas escolas, frequentemente refletem entendimentos errôneos e/ou equivocados, dificultando o caminho de organização lógica-associativa de conhecimentos.

O uso da experimentação no ensino de química, apesar de agregar ludicidade ao processo de aprendizagem, deve ser pensado com cautela, a fim de que a prática não caia sob um mero efeito de comprovação de superioridade intelectual do professor, tampouco se torne objeto único e exclusivo de exemplificação de fenômenos, sem qualquer conexão com conteúdo específico e saberes acumulados pelos alunos em suas vivências e trocas sociais. Nessa perspectiva, o professor necessita assumir o papel mediador entre a experimentação, o conhecimento científico e o saber dos alunos, para que, dentro dessa estrutura, seja de fato potencializada a transmissão de conceitos específicos, de forma horizontal, consonante com o nível de amadurecimento do aluno, aprimorando o processo de ensino-aprendizagem. O aluno adquire maiores habilidades para aplicar e conectar conceitos, transitando por quaisquer fenômenos, em diferentes escalas. Por fim, entendemos que as questões filosóficas no âmbito do ensino podem trazer ao aprendizado uma constelação de saberes aplicados à investigação e resolução de problemas.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio do Grupo Interdisciplinar de Educação, Eletroquímica, Saúde, Ambiente e Arte (GIEESAA) e do Grupo Interinstitucional e Multidisciplinar de Ensino, Pesquisa e Extensão em Ciências (GIMEnPEC).

Financiamento

O presente ensaio foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, e está vinculado ao projeto de pesquisa “Rede Colaborativa de Ensino-Pesquisa-Extensão em Ciências entre Meninas e Mulheres de Instituições Públicas de Educação Básica e Ensino Superior do Estado do Rio de Janeiro” (FAPERJ 09/2021).

Referências

ANDERSSON, B. Pupil's conceptions of matter and its transformations (age 12-16). **Studies in Science Education**, n. 18, p. 53-85, 1990. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/03057269008559981>. Acesso em: 20 mai 2023.

ARAUJO NETO, W. N. **Formas de uso da noção de representação estrutural no Ensino Superior de Química**. 2009. 228 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Educação, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/48/48134/tde-02092009-143535/publico/Waldir_Araujo_Neto.pdf. Acesso em: 20 mai 2023.

AUSUBEL, D.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia Educacional**. Rio de Janeiro: Editora Interamericana, 1981.

BELLAS, R. R. D. **Conceitos de substância atribuídos por licenciandos em química: uma análise histórico-cultural**. Tese (Doutorado). Universidade Federal da Bahia/Universidade Estadual de Feira de Santana, Salvador/Feira de Santana, 2018.

CARVALHO, A. M. P.; SASSERON, L. H. Sequências de Ensino Investigativas – SEI: o que os alunos aprendem? In: TAUCHEN, G.; SILVA, J. A. da. (Org.). **Educação em Ciências: epistemologias, princípios e ações educativas**. Curitiba: CRV, 2012. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5701360/mod_resource/content/3/texto3b_apcarvalho_sasseron_%20SEIS.pdf. Acesso em: 22 fev. 2023.

CHAGAS, A. P. **Como se faz Química – uma reflexão sobre a química e a atividade do químico**. Campinas: Editora da Unicamp, 1989.

CHASSOT, A. **Para que(m) é útil o ensino? Alternativas para um ensino (de Química) mais crítico**. Canoas: Ed. Da ULBRA, 1995.

CHASSOT, A. Sobre prováveis modelos de átomos, **Química Nova na Escola**, n. 3, p. 1, 1996. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc03/ensino.pdf>. Acesso em: 17 fev. 2023.

ERDURAN, S.; ADÚRIZ-BRAVO, A.; MAMLOK-NAAMAN, R. Developing epistemologically empowered teachers: examining the role of philosophy of chemistry in teacher education. **Science & Education**, v. 16, n. 09-10, p. 975-989, 2007. Disponível em: DOI: <https://doi.org/10.1007/s11191-006-9072-4>. Acesso em: 18 fev. 2023.

GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de ciências. **Química Nova na Escola**, n. 10, p. 43-49, nov. 1999. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc10/pesquisa.pdf>. Acesso em: 22 fev. 2023.

- GRANDY, R. E.; DUSCHL, R. A. Reconsidering the character and role of inquiry in school science: Analysis of a conference. **Science and Education**, v. 16, p. 141-166, 2007. Disponível em: DOI: <https://doi.org/10.1007/s11191-005-2865-z>. Acesso em: 20 fev. 2023.
- GUIMARÃES, C. C. Experimentação no Ensino de Química: Caminhos e descaminhos rumo à Aprendizagem Significativa. **Química Nova na Escola**, v. 31, n. 3, ago. 2009. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc31_3/08-RSA-4107.pdf. Acesso em: 22 fev. 2023.
- IZQUIERDO-AYMERICH, M. School Chemistry: An Historical and Philosophical Approach. **Science & Education**, v. 22, p.1633-1653, mai. 2013. Disponível em: DOI: <https://doi.org/10.1007/s11191-012-9457-5>. Acesso em: 17 fev. 2023.
- JOHNSTONE, A. H. Chemical education research in Glasgow in perspective. **Chemistry Education Research and Practice**, [s. l.], v. 7, p. 49-63, 2006. DOI 10.1039/B5RP90021B. Disponível em: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2006/RP/B5RP90021B>. Acesso em: 19 fev. 2023.
- JOHNSON, P. Children's understanding of substances, part 1: recognizing chemical change. **International Journal of Science Education**, v. 22, n. 7, p. 719-737, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/09500690050044062>. Acesso em: 21 fev. 2023.
- JOHNSTONE, A. H. Macro and Microchemistry. **The School Science Review**, v. 64, n. 227, 1982.
- JOHNSTONE, A. H. The Development of chemistry teaching: A changing response to changing demand. **Journal of Chemical Education**, v. 70, n. 9, p. 701-704, set. 1993. Disponível em: DOI: 10.1021/ed070p701. Acesso em: 19 fev. 2023.
- JUNIOR, W. E. F.; FERREIRA, L. H.; HARTWIG, D. R. Experimentação problematizadora: Fundamentos teóricos e práticos para a aplicação em salas de aula de ciências. **Química Nova na Escola**, n. 30, 2008. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc30/07-PEQ-4708.pdf>. Acesso em: 19 fev. 2023.
- LAMBACH, M.; MARQUES, C. A. Lavoisier e a influência nos Estilos de Pensamento Químico: contribuições ao ensino de química contextualizado sócio-historicamente. **Revista Brasileira De Pesquisa Em Educação Em Ciências**, v. 14, n. 1, p. 009-030, 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4280>. Acesso em: 20 fev. 2023.
- MONTEIRO, I. B.; OLIVEIRA, C. L. R. de; GEREMIAS, B. M. A experimentação problematizadora e o ensino de ciências: desafios e perspectivas na educação do campo. **Kiri-Kerê: Pesquisa em Ensino**, Viçosa - MG, v. 2, n. 4, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.47456/krkr.v2i4.31902>. Acesso em: 17 fev. 2023.
- MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. **Aprendizagem significativa: A teoria de David Ausubel**. São Paulo: Editora Moraes, 1982.
- MORTIMER, E. F.; MIRANDA, L. C. Transformações: concepções de estudantes sobre reações químicas. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 2, p. 23-26, nov. 1995. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc02/aluno.pdf>. Acesso em: 22 fev. 2023.
- MORTIMER, E.F.; MACHADO, A.H.; ROMANELLI, L.I. A proposta curricular de química do Estado de Minas Gerais: fundamentos e pressupostos. **Química Nova na Escola**, Belo Horizonte, v. 23, n. 2, abr. 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422000000200022>. Acesso em 20 fev. 2023.

- OLIVEIRA, Z. R. **Educação Infantil: fundamentos e métodos**. São Paulo: Editora Cortez, 2008.
- PETRINI, M.; POZZEBON, M. Usando grounded theory na construção de modelos teóricos. **Revista Gestão e Planejamento**, Salvador - BA, v. 10, ed. 1, p. 01-18, jan./jun. 2009. Disponível em: https://pesquisa-eaesp.fgv.br/sites/gvpesquisa.fgv.br/files/arquivos/marlei_pozzebon_usando_grounding_theory_na_construcao.pdf. Acesso em 22 fev. 2023.
- PIRES, M. F. De C. O materialismo histórico-dialético e a Educação. **Ensaio, Interface – Comunicação, Saúde, Educação**, Botucatu, v. 1, n. 1, ago. 1997. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1414-32831997000200006>. Acesso em 20 fev. 2023.
- POZO, J.I. (Org.). **A solução de problemas: aprender a resolver, resolver para aprender**. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 1998.
- ROSA, M. I. de F. P.; SCHNETZLER, R. P. Sobre a importância do conceito transformação química no processo de aquisição do conhecimento químico. **Química Nova na Escola**, n. 8, p. 31–35. nov. 1998. Disponível em: <http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc08/pesquisa.pdf> . Acesso em: 19 fev. 2023.
- ROSA, M.I de F.P.S. **A evolução de ideias de alunos do 1º ano do ensino médio sobre o conceito de transformação química numa abordagem construtivista**. 1996. Dissertação de mestrado. Campinas: Faculdade de Educação da Unicamp, 1996.
- SANTOS, W. L. P. dos; SCHNETZLER, R. P. Função social: O que significa ensino de química para formar o cidadão? Pesquisa no Ensino de Química. **Química Nova na Escola**, n. 4, nov. 1996. Disponível em: <http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc04/pesquisa.pdf>. Acesso em: 18 fev. 2023.
- SCHUMMER, J. Towards a philosophy of chemistry. **Journal for general philosophy of science**, v. 28, n. 2, p. 307-336, 1997. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/25171095>. Acesso em: 18 fev. 2023.
- SILVA, C. de S.; NETO, H. da S. M. O ensino de Química como unidade dialética entre os níveis macroscópicos e submicroscópicos: para além do triângulo de Johnstone. **Revista Exitus**, Santarém/PA, v. 11, p. 01 - 25, e020201, 2021. Disponível em: DOI: <https://doi.org/10.24065/2237-9460.2021v11n1ID1607>. Acesso em: 19 fev. 2023.
- SIMPSON, M.; ARNOLD, B. The inappropriate use of sub-sumer in biology learning. **European Journal of Science Education**, v. 4, n. 2, p. 173-178, 1982. Disponível em: DOI: <https://doi.org/10.1080/0140528820040206>. Acesso em: 20 fev. 2023.
- SIQUEIRA, R. M.; MORADILLO, E. F. de. Breve análise histórico-crítica do currículo de Química para o Ensino Médio no Brasil. **Anais do XI ENPEC UFSC**, Florianópolis, 2017.
- TAVARES, L.; ROGADO, J. A história das ciências e os seus fundamentos históricos, epistemológicos e culturais no livro didático de química: o conceito de substância. In: **Anais do XIII Congresso de Iniciação Científica da Unimep**. v. 1. Piracicaba: Unimep, 2005.
- TOMA, H.E. Ligação Química: Abordagem Clássica ou Quântica? **Química Nova Na Escola**, [s. l.], n. 6, p. 8-12, 1997. Disponível em: <http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc06/conceito.pdf>. Acesso em: 17 fev. 2023.