

Alfabetização científica e natureza da ciência: potencialidades de uma narrativa histórica-investigativa sobre a ruptura com a teoria do flogisto

Yana Bárbara da Silva Teixeira

Ettore Paredes Antunes

Resumo

A discussão de Fourez (1997) sobre alfabetização científica e tecnológica (ACT) demonstra a importância de uma formação centrada no uso do conhecimento para fazer análises bem informadas e tomada de decisões conscientes. Nesse sentido, as reflexões sobre a natureza da ciência (NdC) são essenciais para desenvolver a compreensão sobre o processo de construção da ciência e da confiabilidade conferida à atividade científica a fim de fornecer base de conhecimento para as decisões do indivíduo. Allchin (2017; 2020) enfatiza a investigação de casos históricos, o denominado *history inquiry*, como uma boa abordagem para suscitar tais reflexões; caracterizando a narrativa histórico-investigativa (NHI) como um caminho que utiliza questionamentos para a investigação e uma narrativa para tecer o contexto sócio-histórico. Logo, o objetivo desta pesquisa foi evidenciar as potencialidades de uma narrativa histórico-investigativa abordando a ruptura com a teoria do flogisto para promover a alfabetização científica. A NHI, desenvolvida a nível de Ensino Superior, teve por modelo o trabalho de Azevedo e Del Corso (2017) acerca da doença de Chagas, considerando as orientações de Allchin (2017). O material foi denominado “Os diferentes ares obtidos da cal vermelha de mercúrio”, tem por contexto os debates sobre teorias acerca da combustão e conta com 11 questões, chamadas questões para pensar, ou *think questions*, consideradas momentos de pausa com atividades diferentes a fim de suscitar discussões e reflexões sobre aspectos da natureza da ciência. Destaca-se que a NHI se configura como um recurso para abordagem histórica, indo ao encontro de uma demanda ainda observada no processo de ensino e aprendizagem que busca utilizar a história da ciência para desenvolver competências associadas à alfabetização científica.

Palavras-chave: Alfabetização científica; Natureza da Ciência; História da Química; Investigação histórica.

Abstract

Fourez's (1997) discussion of scientific and technological literacy (STL) shows the importance of training focused on the use of scientific and technological knowledge to make informed analyses and conscious decisions. According to that, reflections on the nature of science (NOS) are essential to develop an understanding of the process of constructing science and the reliability given to scientific activity in order to provide knowledge for decisions. Allchin (2017; 2020) emphasizes *history inquiry* as a good approach to bring up such reflections, the historical inquiry narrative uses questions for investigation and a narrative to set the socio-historical context. Therefore, the research' goal was to highlight the potential of a historical-investigative narrative about the rupture with the phlogiston theory to promote scientific literacy. The history inquiry of Higher Education level was developed based on the work of Azevedo and Del Corso (2017) on Chagas disease, considering the guidelines of Allchin (2017). The material was called “The different airs obtained from red lime of mercury”, has as its context the debates on theories about combustion and has 11 questions, known as *think questions*, which are moments for activities to bring up discussions and reflections on aspects of the nature of science. It is worth noting that this material is a resource for a historical approach, meeting a demand still observed in the teaching and learning process that seeks to use the history of science to develop skills related to scientific literacy.

Keywords: Science literacy; Nature of Science; History inquiry; History of Chemistry.

Para que o conhecimento científico seja compreendido como construção humana indissociável de seu contexto sócio-histórico é imprescindível que sejam discutidos os aspectos envolvidos em seu processo de construção e as relações mantidas com outras esferas do seu contexto (política, econômica, ambiental, militar, social, cultural, etc.). Por exemplo, alguns aspectos de influência na construção do conhecimento científico são as características da sociedade e da comunidade científica; o acesso ao conhecimento, a recursos e a instrumentos; a questão da credibilidade da atividade científica; os debates, as escolhas, as influências na atividade científica; a credibilidade dos cientistas; as normas e valores da comunidade científica e outros.

Por meio do conhecimento sobre características da ciência e sua atividade, o indivíduo é empoderado e pode se afastar da neutralidade, objetividade e descontextualização que comumente se desenham ao redor da ciência; sendo capaz de fazer uma reflexão crítica. Logo, a compreensão dos aspectos da natureza da ciência está diretamente associada à alfabetização científica e tecnológica, em que se almeja que o conhecimento proporcione certa autonomia e capacidade de comunicação e de negociação a fim de que seja possível que o indivíduo efetue análises bem informadas e tome decisões importantes em questões que envolvem decisões e ações públicas, como discutido por Fourez¹.

Ainda, Allchin² aponta que o estudo das dimensões da natureza da ciência (Quadro 1) contribui para promover alfabetização científica, pois permite compreender o funcionamento da ciência e a construção da sua credibilidade fornecendo conhecimento importante para fundamentar análises de questões que envolvem a ciência e tecnologia (seus impactos, aplicações, desenvolvimento, etc.). Pode-se pensar que para que um indivíduo participe de debate sobre o uso de agrotóxicos na agricultura, é necessário ter uma base de conhecimento sobre esses produtos, seus usos e impactos, a fim de que seja capaz de ter criticidade sobre o assunto.

Segundo Allchin^{2,3}, as reflexões sobre essas dimensões são suscitadas ao envolver estudantes em investigações históricas, em que a resolução de problemas é contextualizada por um caso histórico. Diferente de um problema atual, um caso histórico já foi encerrado, o que viabiliza reconhecer as dimensões e os processos históricos da construção da ciência; e também refletir sobre como esses processos poderiam ter sido diferentes e os impactos que aconteceriam em toda a estrutura do conhecimento científico.

¹ Fourez, G. Scientific and Technological Literacy as a Social Practice. *Social Studies of Science*, 27, nº 6 (1997): 903-936. <https://www.jstor.org/stable/285671>

² Allchin, D. Beyond the Consensus View: Whole Science. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 17, nº 1 (2017): 18-26. <https://doi.org/10.1080/14926156.2016.1271921>

³ Allchin, D. Evaluating Knowledge of the Nature of (Whole) Science. *Science Education*, 95, nº 3 (2011): 518-542. <https://doi.org/10.1002/sce.20432>

Quadro 1: Dimensões de credibilidade da ciência, adaptado de Allchin (2017)².

Dimensão	Aspectos discutidos
Observações e medidas	Qualidade e precisão de evidências; papel dos estudos sistemáticos; entre outros.
Experimentos	Experimento controlado; replicação de experimentos; análise de erros; entre outros.
Dimensão histórica	Coerência com evidências, teorias e conhecimentos estabelecidos; mudança conceitual; erro e incerteza; papel da imaginação e criatividade; entre outros.
Dimensão humana	Motivações para fazer ciência (pessoais, políticas, militares, etc.); as personalidades humanas e impactos na ciência; entre outros.
Dimensão sociocultural	Papel das crenças culturais (ideologia, religião, etc.); papel dos preconceitos; entre outros.
Interações entre cientistas	Colaborações e competições; credibilidade; liberdade acadêmica; persuasão; entre outros.
Padrões de raciocínio	Relevância de evidências; explicações alternativas; entre outros.
Economia/Financiamento	Fontes de investimento; conflito de interesses; entre outros.
Instrumentação	Novos instrumentos e sua validação; ética envolvida na experimentação; entre outros.
Comunicação do conhecimento	Credibilidade de revistas e outras mídias; responsabilidade social dos cientistas; fraudes e má-conduta; normas quanto ao tratamento de dados científicos; entre outros.

Fourez¹, da mesma forma, também afirma a importância do quadro histórico para a alfabetização científica e tecnológica, uma vez que as discussões sobre a história da ciência oportunizam a conscientização de que “teorias e modelos científicos nunca serão completamente compreendidos se não compreendermos as razões pelas quais foram inventados, com quais objetivos, e no interesse de quem, e como eles podem ser usados para negociar conceituações adequadas para situações específicas.

No processo de ensino e aprendizagem, desde a Educação Básica até as universidades, os aspectos históricos são negligenciados frente a prioridade dada à transmissão de conhecimentos de forma rápida e a valorização da produção de conhecimento em massa, inviabilizando o espaço de reflexão sobre esses conhecimentos e sobre a ciência; dessa forma, favorece-se um conhecimento descontextualizado,

distante das características reais da ciência^{4,5,6}. Todavia, as discussões aqui apresentadas enfatizam que é necessário resgatar a história, não como um processo cumulativo e linear, mas como uma oportunidade de refazer casos históricos de forma investigativa, envolvendo o estudante ativamente no contexto e na vivência da ciência, com suas incertezas, problemas, argumentações, verificação de informações e outros aspectos; se aproximando da experiência de fazer ciência. Essa abordagem contribui para o desenvolvimento de competências necessárias para que um cidadão crítico e consciente consiga utilizar seus conhecimentos sobre a ciência para fazer análises bem informadas e tomar decisões.

Para trabalhar a investigação histórica, Allchin⁷ destaca o uso do *history inquiry*, ou investigação histórica, propondo o que ficou conhecido na literatura brasileira como narrativa histórico-investigativa (NHI), em que o caso histórico é abordado em uma narrativa para fornecer contexto à investigação, a qual é desenvolvida por meio de sucessivas atividades que envolvem questões (chamadas *think questions*, ou questões para pensar) para suscitar as reflexões sobre a natureza da ciência, mas também possibilitar aprendizagem de conceitos científicos. Na narrativa, é seguido um personagem, fictício ou não, por meio do qual é possível aproximar a experiência do fazer ciência, trazendo questões que instiguem os estudantes a se colocarem na posição do personagem e raciocinarem para buscar soluções aos problemas apresentados.

Conforme Allchin⁷, o recurso é colocado à disposição do professor, para que atue como mediador, sem definir e esperar respostas “corretas”, mas conduzindo a atividade como uma investigação aberta, oportunizando que os estudantes tenham autonomia para trilhar um caminho, afinal “o objetivo aqui é ajudar os alunos a compreender a dimensão epistêmica da ciência: como a ciência funciona (ou como por vezes não funciona!)”. Ainda, o autor enfatiza que é importante um momento de síntese sobre o caso ao finalizar, em que o professor pode destacar os fatores que contribuíram para que o curso da história da ciência tenha seguido da forma conhecida e também para estimular discussões sobre outras possibilidades e comparar o caminho trilhado pelos alunos e aquele observado na história.

O uso de casos históricos é uma abordagem já discutida na área do Ensino de Ciências e Matemática, porém, em maioria, os casos trabalhados envolvem uma narrativa que é lida pelos alunos ou pelo professor a fim de gerar momento de socialização, podendo o tema tratar sobre um conceito, um

⁴ Chauí, M. A universidade pública sob uma nova perspectiva. *Revista Brasileira de Educação*, Rio de Janeiro, nº 24 (2003): 5-15, 2003. <https://doi.org/10.1590/S1413-24782003000300002>

⁵ Cachapuz, A. et al. *A Necessária Renovação do Ensino das Ciências*. 1 ed. São Paulo: Cortez, 2005.

⁶ Barcellos, A., Laranjeiras, C. & Wilhelms, G. A Questão como Centro do Processo Educativo: uma proposta inspirada na História e Filosofia da Ciência. *História da Ciência e Ensino: construindo interfaces*, 30 (2024). <https://doi.org/10.23925/2178-2911.2024v30p2-20>

⁷ Allchin, D. Casos de investigação histórica para o aprendizado da natureza da ciência. *Cadernos de História da Ciência*, 13, nº 2 (2017): 101-126.
<https://doi.org/10.47692/cadhistcienc.2017.v13.33802>

experimento ou outro^{8,9}. Todavia, Barcellos, Laranjeiras e Wilhelms⁶ enfatizam o papel central da questão para o conhecimento científico, que é gerado como resposta por meio de processos próprios da ciência. Segundo os autores, as questões permitem que os estudantes se aproximem do desenvolvimento histórico da ciência e podem crescer em níveis de complexidade que definem diferentes debates sobre o tema discutido. Logo, o questionamento pode ser considerado essencial para atividades de investigação que buscam se aproximar do fazer ciência. Considerando as orientações de Allchin⁷, destacam-se os trabalhos da área da Biologia que utilizam as questões como parte essencial do estímulo para participação dos estudantes^{10,11}, principalmente o material desenvolvido por Azevedo e Del Corso¹² que utilizam como referência as discussões de Allchin.

A proposta de narrativa histórico-investigativa aqui apresentada foi desenvolvida como parte de dissertação de Mestrado¹³ no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal do Amazonas frente a lacuna de recursos que envolvam materiais de investigação histórica, especialmente na área da Química, que possam ser utilizados por docentes.

CONSTRUÇÃO DA NARRATIVA HISTÓRICO-INVESTIGATIVA

A narrativa histórico-investigativa proposta segue as orientações de Allchin⁷ e tem como modelo o trabalho desenvolvido por Azevedo e Del Corso¹² acerca da doença de Chagas. A NHL desenvolvida por Azevedo e Del Corso¹² acerca da doença de Chagas, foi denominada “A doença dos trabalhadores da estrada de ferro”, e a narrativa acompanha o caminho percorrido por Carlos Chagas na construção de conhecimento sobre a doença, contando com imagens e 13 questões para pensar, suscitando discussões sobre o papel de fatores econômicos e políticos na atividade científica, a importância de conhecer dados e teorias científicas para desenvolver uma pesquisa e outros.

⁸ Borges, F. et al. Construção de uma narrativa histórica para sala de aula: Eratóstenes, o cálculo da circunferência da Terra e o ensino de semelhança de triângulos. *REMAT: Revista Eletrônica da Matemática*, 6, nº 2 (2020). <https://doi.org/10.35819/remat2020v6i2id4282>

⁹ Vasconcelos, S. S. & Forato, T. C. M. Niels Bohr, espectroscopia e alguns modelos atômicos no começo do século XX: um episódio histórico para a formação de professores. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 35, nº 3 (2018). <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2018v35n3p851>

¹⁰ Ricci, F. P., Teixeira, K. K. S. & Oliveira, A. D. O estudo do caso histórico de Vital Brazil em sala de aula: uma ferramenta para investigar a visão dos alunos sobre os desafios enfrentados durante uma pesquisa científica. *Cadernos de História da Ciência*, 13, nº 2 (2017): 55–79. <https://doi.org/10.47692/cadhistcienc.2017.v13.33805>

¹¹ Gomes, F. O. & Silva, G. M. A genética no Brasil entre 1934 e 1956: um estudo de caso histórico para o ensino de natureza da ciência. *Cadernos de História da Ciência*, 13, nº 2 (2017): 81–99. <https://doi.org/10.47692/cadhistcienc.2017.v13.33801>

¹² Azevedo, N. H. & Del Corso. “A doença dos trabalhadores da estrada de ferro”: uma narrativa histórica e suas potencialidades para explorar aspectos de natureza da ciência. *Cadernos de História da Ciência*, 13, nº 2 (2017): 19–53. <https://doi.org/10.47692/cadhistcienc.2017.v13.33799>

¹³ Autor 1

A NHI elaborada nesta pesquisa, denominada “Os diferentes ares obtidos da cal vermelha de mercúrio”, tem por contexto os debates sobre teorias acerca da combustão (tendo por foco as divergências entre a teoria do flogisto e teoria do oxigênio, principalmente defendida por Antoine Laurent Lavoisier) e acompanha Thomas Smith, um personagem fictício que é situado como aprendiz de Joseph Priestley, o qual utilizava a teoria do flogisto como base teórica para suas pesquisas.

Para a elaboração da narrativa, foram essenciais materiais que discutissem o episódio e permitissem uma compreensão mais ampla do contexto sócio-histórico, por isso, além de referências de destaque sobre a história da Química^{14,15}, foram utilizados textos de Joseph Priestley^{16,17} e o trabalho de Martins¹⁸, que relata um pouco da vida deste cientista e forneceu imagens importantes para o material.

No século XVII, foi desenvolvida a teoria do flogístico ou flogisto, que afirmava a existência desse elemento em materiais inflamáveis e explicava a combustão pela liberação desse elemento, o qual era posto em movimento pelo fogo. Essa teoria, apesar de apresentar aspectos voltados para as discussões mecanicistas (que explicava o mundo com base em movimento), não abandonava aspectos do conhecimento alquímico que era utilizado para explicar diferentes fenômenos e tinha por base, principalmente, os quatro elementos (fogo, água, terra e ar)^{13,14}. Por muito tempo, essa teoria foi utilizada por diversos cientistas como base para seus estudos e experimentos, todavia dúvidas se propagavam na comunidade científica em relação às calcinações em que se observava um aumento de peso que não podia ser explicado pela liberação do flogisto. Dentre os opositores da teoria do flogisto se encontra Lavoisier, o qual, segundo Bensaude-Vincent e Stengers¹⁴, compartilha a ideia de que a combustão acontece pela combinação do material com uma parte do ar e não pela liberação de flogisto. O percurso histórico que se desenvolve a partir destes estudos sobre gases e reações de calcinações culmina no estudo do gás oxigênio e na elaboração da teoria do oxigênio para explicar a combustão, o que marcou o processo de rejeição de princípios alquímicos pela comunidade científica.

O foco é dado, na necessidade de um recorte, aos estudos envolvendo a cal vermelha de mercúrio, ou modernamente conhecido por óxido de mercúrio, que foram centrais no debate por enfatizar a oposição de ideias e os diferentes caminhos que a teoria do flogisto e os princípios mecanicistas traziam. Enquanto

¹⁴ Bensaude-Vincent, B. & Stengers, I. *Histoire de la chimie*. 9 ed. Paris: ÉDITIONS LA DÉCOUVERTE, 1993.

¹⁵ Alfonso-Goldfarb, A. M. *Da Alquimia à química*: um estudo sobre a passagem do pensamento mágico-vitalista ao mecanicismo. São Paulo: Landy Editora, 2005.

¹⁶ Priestley, J. Observations on different kinds of air. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 62 (1772): 147-264. <https://doi.org/10.1098/rstl.1772.0021>

¹⁷ Priestley, J. *Experiments and observations on different kinds of air*. 3 vols. London: W. Bowyer and J. Nichols, 1774-1777.

¹⁸ Martins, R. A. Os estudos de Joseph Priestley sobre os diversos tipos de “ares” e os seres vivos. *Filosofia e História da Biologia*, 4 (2009): 167-208. <https://www.abfib.org/revista/fhb-v04/>

Priestley, e outros grandes nomes da Química, persiste no emprego teoria do flogisto e denomina o gás liberado como “ar desflogisticado”, Lavoisier traz apontamentos que ganham grande destaque e credibilidade em relação a uma nova forma de ar (gás).

O caso histórico utilizado, portanto, evidencia o estabelecimento das ideias mecanicistas, o contínuo estudo dos gases (chamados ares naquele momento) que levou ao estudo do gás oxigênio, gás hidrogênio, gás carbônico e outros que foram essenciais para que a comunidade científica rompesse com a teoria do flogisto e passasse a explicar a combustão e com base na interação do material com o oxigênio do ar.

Esse tema é superficialmente abordado no Ensino de Química como curiosidade, ou, como discutem Prado e Carneiro¹⁹, reforçando narrativas descontextualizadas e elitistas que celebram Lavoisier como pai da Química, sem fomentar reflexões sobre o seu real papel nos processos coletivos da comunidade científica. Nesse sentido, a NHI proposta se insere no contexto das discussões de História, Filosofia e Sociologia da Ciência no Ensino Superior, que permite mais oportunidades para trabalhar as atividades a fim de suscitar reflexões importantes para produtores de conhecimento científico. Ainda que essas discussões tenham perdido seu espaço no currículo acadêmico, é importante ressaltar, conforme referências apresentadas, a grande contribuição da História da Ciência para evitar visões ingênuas sobre a ciência, além de contribuir para uma melhor aprendizagem dos conteúdos científicos^{4,5}.

Considerando que o caso histórico é amplo, destaca-se que foi necessário realizar um recorte, pensando na extensão do texto e da grande quantidade de informações, e fazer escolhas sobre os aspectos que seriam priorizados para discussão, entre eles: o poder explicativo associado à teoria do flogisto na época; os estudos compartilhados pela comunidade científica; a visão diferente, porém não uma descoberta tal como celebrada, de Lavoisier; e a firme crença na teoria do flogisto ainda mantida por alguns cientistas após a sua rejeição pela comunidade científica. Ainda, é possível mencionar a escolha por manter certos sobrenomes ocultos, como Priestley e Lavoisier, a fim de evitar conclusões prematuras e o pouco engajamento nas atividades; e a própria escolha por um personagem fictício, que permite maior liberdade criativa para desenvolver a narrativa no contexto situado.

No decorrer do material, conforme se desenvolve a narrativa do caso histórico, são apresentadas 11 questões para pensar, elaboradas considerando dimensões da credibilidade e aspectos da natureza da ciência a serem discutidos a fim de promover a alfabetização científica (Quadro 2).

¹⁹ Prado, L. P. & Carneiro, M. C. O episódio histórico das teorias do flogisto e calórico: criando interfaces entre a História e Filosofia da Ciência e o Ensino de Química na busca pela humanização do trabalho científico. *História da Ciência e Ensino*, 18 (2018). <https://doi.org/10.23925/2178-2911.2018v18p153-180>

Quadro 2: Reflexões associadas à natureza da ciência potencializadas pelas Questões para pensar.

Questão para pensar	Aspectos da natureza da ciência
[1] Quais informações você consideraria importante saber para iniciar os estudos sobre os ares? Quais técnicas e recursos poderiam ser necessários? Com base em suas respostas, qual caminho você pensaria em seguir para realizar uma pesquisa sobre os ares?	A importância da comunicação entre cientistas, de estar atualizado sobre o conhecimento científico O papel do acesso ao conhecimento sobre práticas experimentais e instrumentos A importância de saber analisar a relevância de evidências O papel da base teórica e o reconhecimento da credibilidade de uma informação A influência econômica, política, sociocultural e outras na produção, comunicação e validação de conhecimento
[2] Qual é a importância dos recursos financeiros e da infraestrutura no desenvolvimento de uma pesquisa? Sem o laboratório de Shelburne, a pesquisa de Joseph poderia ser desenvolvida? É possível fazer ciência fora das universidades e institutos de pesquisa?	O papel do acesso ao conhecimento sobre práticas experimentais e instrumentos A influência econômica, política, sociocultural e outras na produção, comunicação e validação de conhecimento
[3] O que você faria para identificar qual forma de ar foi coletada? Quais informações seriam importantes para caracterizar o tipo de ar? Quais testes poderiam ser feitos?	O papel do acesso ao conhecimento sobre práticas experimentais e instrumentos A importância da comunicação entre cientistas, de estar atualizado sobre o conhecimento científico A importância de saber analisar a relevância de evidências O papel da base teórica e o reconhecimento da credibilidade de uma informação A influência econômica, política, sociocultural e outras na produção, comunicação e validação de conhecimento
[4] Como eles poderiam ter certeza que fizeram uma caracterização correta? Quais critérios poderiam utilizar?	A importância de saber analisar a relevância de evidências A importância da comunicação entre cientistas, de estar atualizado sobre o conhecimento científico O papel da base teórica e o reconhecimento da credibilidade de uma informação A influência econômica, política, sociocultural e outras na produção, comunicação e validação de conhecimento
[5] Qual a importância de ter acesso aos trabalhos de outros cientistas? Como as informações dos estudos e dos resultados obtidos por outros pesquisadores poderiam auxiliar a pesquisa desenvolvida?	A importância da comunicação entre cientistas, de estar atualizado sobre o conhecimento científico O papel da base teórica e o reconhecimento da credibilidade de uma informação
[6] Preencha o Quadro 4, com características que podem ser observadas para cada forma de ar. Comparando-as, pode-se entender que o ar obtido da cal vermelha de mercúrio já era conhecido ou se diferenciava? Qual a importância de	A importância de saber analisar a relevância de evidências A importância da comunicação entre cientistas, de estar atualizado sobre o conhecimento científico O papel da base teórica e o reconhecimento da credibilidade de uma informação

<p>realizar a comparação de uma pesquisa com outros estudos? Como seria possível ter certeza que era um ar já estudado ou uma nova forma de ar?</p>	
<p>[7] Considerando a teoria do flogisto e o escrito de Joseph sobre essa forma de ar (abaixo), qual você acredita que seria a relação entre a queima de uma vela e o ar obtido da cal vermelha de mercúrio?</p>	<p>O papel do acesso ao conhecimento sobre práticas experimentais e instrumentos A importância de saber analisar a relevância de evidências O papel da base teórica e o reconhecimento da credibilidade de uma informação A importância da comunicação entre cientistas, de estar atualizado sobre o conhecimento científico</p>
<p>[8] O que você acredita que está relacionado com a aceitação ou não de uma teoria/hipótese? A concordância entre outros cientistas têm influência nesse processo?</p>	<p>O papel da base teórica e o reconhecimento da credibilidade de uma informação A influência econômica, política, sociocultural e outras na produção, comunicação e validação de conhecimento</p>
<p>[9] Observe o Quadro 5, o qual apresenta as características do flogisto e do calórico. É possível identificar qual das matérias eram verdadeiras? Como a comunidade científica poderia tomar uma decisão?</p>	<p>O papel da base teórica e o reconhecimento da credibilidade de uma informação A influência econômica, política, sociocultural e outras na produção, comunicação e validação de conhecimento</p>
<p>[10] A comparação de uma teoria com outras pode ser utilizada como fator para aceitação de uma ideia? Ela pode ser um fator decisivo ou são necessárias outras evidências? Quais aspectos devem ser considerados quando teorias estão em debate?</p>	<p>O papel da base teórica e o reconhecimento da credibilidade de uma informação A importância de saber analisar a relevância de evidências A influência econômica, política, sociocultural e outras na produção, comunicação e validação de conhecimento</p>
<p>[11] Crie um mapa mental que apresente as características da teoria do flogisto, do calórico e do oxigênio. Quais conclusões você pode fazer sobre o processo de construção e aceitação de um conhecimento na ciência observando esse mapa e considerando todas as discussões feitas até o momento?</p>	<p>A influência econômica, política, sociocultural e outras na produção, comunicação e validação de conhecimento</p>

As questões apresentam sugestões para os professores e se configuram em diferentes tipos de atividade que podem suscitar pesquisas, socialização e outros. Como exemplos são apresentadas duas questões para pensar a seguir.

Na Questão para pensar 2 (Figura 1), a reflexão sobre a importância de investimentos e acesso a recursos e instrumentos é direcionada por análise da imagem do laboratório de Priestley, instigando uma

socialização entre os alunos sobre pontos que acharem importantes. Ainda, se destaca como foram apresentadas as sugestões para o docente conduzir a atividade, mediando as reflexões e discussões.

[Questão para pensar 2] Observando a Figura 8, reflita sobre a importância dos recursos financeiros e da infraestrutura no desenvolvimento de uma pesquisa. Sem o laboratório de Shelburne, a pesquisa de Joseph poderia ser desenvolvida? É possível fazer ciência fora das universidades e institutos de pesquisa?

Professor, disponibilize a imagem em forma de slide ou de material impresso para que as equipes possam identificar pontos importantes observados nela e trazer para a discussão em sala de aula. A mediação pode ser feita com questionamentos sobre a possibilidade de realizar experimentos sem certos recursos, sobre os locais nos quais esses recursos estão disponíveis, sobre o custo desses recursos e sobre a possibilidade de um cientista sozinho ter as condições financeiras para obtê-los.

Figura 1: Questão para pensar 2¹³.

Na Questão para pensar 6 (Figura 2), os estudantes são envolvidos mais ativamente por meio da solicitação de uma comparação entre a caracterização dos gases observados nos estudos descritos na NHI, sendo instigados a refletir se o experimento em foco de investigação trata do isolamento de um novo gás ou não. Nessa questão, os alunos se aproximam de um problema que está presente na realidade da atividade científica, consistindo em observar os estudos de outros cientistas, a literatura criada pela comunidade científica, e entender o conhecimento desenvolvido numa área, o que permite reconhecer contribuições do seu trabalho. Ainda, são possíveis reflexões sobre o trabalho coletivo necessário para construir o conhecimento científico.

[Questão para pensar 6] Preencha o Quadro 4, com características que podem ser observadas para cada forma de ar. Comparando-as, pode-se entender que o ar obtido da cal vermelha de mercúrio já era conhecido ou se diferenciava? Qual a importância de realizar a comparação de uma pesquisa com outros estudos? Como seria possível ter certeza que era um ar já estudado ou uma nova forma de ar?

Professor, forneça esse quadro em material impresso ou solicite que criem o quadro em papel para registro. As informações sobre cada forma de ar estão disponíveis no próprio material, mas seguem-se abaixo características que podem ser registradas no Quadro:

- O ar fixo é liberado na queima de materiais, é liberado na respiração, é capaz de apagar chama de uma vela, não é respirável.
- O ar inflamável reage com a água, é facilmente inflamável, é liberado por metais ao reagirem com ácido e não é respirável.
- O ar comum reage com a água, é respirável por um determinado tempo quando fechado em um recipiente, respirável normalmente no ambiente, permite que a chama de uma vela permaneça acesa por um determinado tempo.
- O ar obtido da cal vermelha de mercúrio reage com a água, é liberado por aquecimento da cal vermelha de mercúrio, permite que a chama de uma vela brilhe ardente por um longo período e é respirável por um longo período.

Podem ser feitas questões associadas a essas características para mediar discussões.

Tempo estimado para a leitura de QP6, discussões e registro: 20 minutos.

Figura 2: Questão para pensar 6¹³.

POTENCIALIDADES DA NARRATIVA HISTÓRICO-INVESTIGATIVA

Como destacado, as diferentes atividades propostas têm por objetivo o estudante em diferentes perspectivas a fim de viabilizar o reconhecimento de alguns aspectos das dimensões da credibilidade da ciência, o que corrobora para a compreensão da ciência como uma construção humana, uma visão mais adequada em comparação ao desenho absoluto, irrefutável, neutro, ateórico e descontextualizado que pode ser formado sem o reconhecimento de aspectos inerentes à atividade científica.

Nesse sentido, cabe enfatizar a relação estabelecida entre a natureza da ciência e a alfabetização científica, em que os aspectos da NdC se associam a dimensões de credibilidade da ciência (Allchin²) e também a alfabetização científica no sentido de formar uma compreensão sobre ciência que possa permitir a participação ativa do indivíduo em decisões públicas (Fourez¹). Desse modo, cada questão para pensar foi pensada como uma forma de promover discussões direcionadas a certas dimensões e viabilizar a alfabetização científica, permitindo também uma comparação com a atualidade por meio da mediação do docente. Para ampliar essa percepção, são destacadas algumas reflexões possíveis por meio das questões.

Por meio da Questão para pensar 2 (Figura 1), busca-se trabalhar diretamente as dimensões economia e instrumentação, associando com o contexto sócio-histórico apresentado na narrativa é possível reconhecer a diferença entre cientistas quando se observa o acesso a recursos financeiros e materiais.

Enquanto Lavoisier tinha à sua disposibilidade um grande laboratório, Priestley precisou trabalhar como assistente pessoal de um lorde para ter uma fonte de investimento em sua pesquisa. Também é possível reflexões sobre a relação entre o desenvolvimento tecnológico e o desenvolvimento da ciência, uma vez que alguns instrumentos foram essenciais para estudos que transformaram a compreensão de mundo em termos científicos (sem instrumentos que pudessem isolar os gases, seria complicado estudá-los), de modo que algumas pesquisas só podem ser realizadas por grupos que têm acesso a instrumentos de alta precisão e qualidade, que são caros⁷. A discussão também pode contemplar como alguns instrumentos foram incorporados ao trabalho do cientista e como sua validação acontece no meio da comunidade científica; e como os interesses econômicos podem ser determinantes para pesquisas. Na relação com a alfabetização científica, tais aspectos contribuem para que o indivíduo possa refletir criticamente sobre critérios de investimentos governamentais e de instituições particulares no desenvolvimento científico e tecnológico, quais projetos são favorecidos e porquê, quais interesses se relacionam com propostas ou rejeições de pesquisas, o papel das universidades e o âmbito econômico que pode ser distinto para os departamentos de acordo com as prioridades e contratos (por exemplo, departamentos de informática e engenharia podem ter mais recursos investidos do que departamentos de biologia ou química, entre outros).

A Questão para pensar 4 (Figura 3) já contribui para abordar mais dimensões: observações e medidas, experimentos, dimensão histórica e sociocultural. Nesta questão a confiabilidade do conhecimento científico é destacada como estando associada à questão das evidências obtidas, do menor número possível de inconsistências no experimento controlado e com o corpo teórico da comunidade científica, com a coerência da hipótese ou teoria, entre outros. As discussões possíveis podem favorecer a compreensão da análise das evidências, da importância da comunicação entre cientistas e de se manter atualizado sobre o conhecimento científico de uma área, temas de estudo, instrumentos, evidências e outros; além do papel da base teórica e como sua pesquisa se encaixa nela a fim de lhe permitir credibilidade e maior chance de aceitação pela comunidade. Em relação a alfabetização científica, esses aspectos permitem reconhecer outros tipos de critérios da comunidade científica que se relacionam com a aceitação ou rejeição de hipóteses e teorias (precisam ter poucas inconsistências, precisam se encaixar com a estrutura de conhecimento já reconhecida, etc.); e também permitem refletir sobre a inexistência de uma neutralidade científica, uma vez que as pesquisas se moldam com base no corpo de conhecimento aceito, na escolha de como controlar experimentos, na escolha do que observar em um estudo, etc. Como destacado por Fourez¹, o indivíduo pode reconhecer que a atividade científica trabalha como seleção de estruturas consoante a um objetivo e alguns fundamentos e normas da comunidade científica, excluindo o que não convém.

[Questão para pensar 4] Como Joseph e Thomas poderiam ter certeza que fizeram uma caracterização correta? Quais critérios poderiam utilizar?

Professor, realize a mediação da discussão em sala de aula com questionamentos sobre os tipos de critérios que os estudantes considerariam importantes para definir a credibilidade de um estudo: seria necessário avaliar a forma como o experimento foi feito? As anotações dos dados? A descrição das características? Deve-se considerar aspectos sobre os cientistas que realizaram o estudo?

Figura 3: Questão para pensar 4¹³.

Como último exemplo, apresenta-se a Questão para pensar 9 (Figura 4), a qual tem a possibilidade de abordar diferentes dimensões, como observações e medidas, padrões de raciocínio, dimensão histórica e sociocultural, interação entre cientistas e comunicação científica. Os aspectos da natureza da ciência se relacionam principalmente com o papel da base teórica e o reconhecimento da credibilidade de uma informação e a influência econômica, política, sociocultural e outras na produção, comunicação e validação de conhecimento. Nesse sentido, a alfabetização científica é desenvolvida por meio da compreensão dos critérios e influências que permeiam a comunidade científica quando se trata de escolher caminhos determinantes para a estrutura do conhecimento que se quer construir. Ainda, uma reflexão crucial que pode ser viabilizada pela questão é quais os critérios utilizados para definir que algo é verdadeiro na esfera científica, o que revela a essência humana desse empreendimento e enfatiza a sua relação com o mundo e suas características, crenças, arcabouço teórico e tecnológico, entre outros pontos que formam uma mentalidade coletiva para compreender a realidade.

[Questão para pensar 9] Observe o Quadro 5, o qual apresenta as características do flogisto e do calórico. É possível identificar qual das matérias eram verdadeiras? Como a comunidade científica poderia tomar uma decisão?

Quadro 5 - Características do flogisto e do calórico, presentes em teorias sobre a combustão.

Matéria	Características
Flogisto	O flogisto, princípio do fogo que estava no material, era liberado durante a combustão que causava essa desunião da matéria.
Calórico	A combinação com uma parte do ar durante a queima ocasiona a liberação do calórico, princípio do fogo contido no ar.

Fonte: Elaboração própria.

Professor, solicite um registro de critérios que a equipe utilizaria para escolher uma das matérias como verdadeira. Após compartilharem suas ideias e debaterem com outros grupos defendendo ou atacando pontos, realize uma mediação que tem como ponto principal discutir se as duas matérias eram tão diferentes assim.

Figura 4: Questão para pensar 9¹³.

De modo geral, pode-se pensar que as reflexões permitem reconhecer critérios da comunidade científica para desenvolver e validar conhecimento científico de acordo com o contexto sócio-histórico (quais conhecimentos são parte da base teórica, quais instrumentos existem, como a sociedade reconhece e aprova a ciência, entre outros aspectos que influenciam no desenvolvimento da ciência e também da tecnologia), e compreender esses critérios torna possível entender como a atividade científica funciona e utilizar esse conhecimento para fazer análises bem-informadas. Na pandemia de COVID-19, por exemplo, a ampliação da informação sobre o processo para aprovação de vacinas e medicamentos, os estudos e experimentos necessários, foram pontos importantes para que a população conseguisse fazer análises e tomar decisões sobre não utilizar certos medicamentos que não passaram por esse processo de validação científica. Em termos amplos, pode-se pensar que discutir a natureza da ciência contribui para a alfabetização científica no sentido de que compreender o funcionamento da ciência permite interpretar a confiabilidade de afirmações científicas³.

Consoante ao que foi apresentado, a NHI elaborada se configura como um recurso para o docente, disponibilizado em PDF²⁰, e tem certas limitações quanto ao aprofundamento de cada dimensão, uma vez que é necessário fazer um recorte cabível para compor o material. Logo, nem todos os aspectos podem ser discutidos de forma ampla, mesmo que a discussão mínima possível em cada questão para pensar já contribua para ampliar a visão do estudante em relação a atividade científica, é interessante observar o que

²⁰ https://drive.google.com/file/d/1hXagP-7Q0M7vWfQ0_zUMkW1QYH_tbkPI/view?usp=sharing

mais o material permite. Por isso, é crucial destacar o papel do professor como mediador, tendo liberdade para explorar e aprofundar em diferentes aspectos e conduzir as atividades favorecendo o engajamento dos alunos e sua compreensão dos aspectos da natureza da ciência^{7,12}.

O docente tem autonomia¹² para trabalhar da forma que decidir ser mais adequada para sua turma, tendo em conta que as questões para pensar podem exigir nível alto de abstração e variam na forma da atividade proposta, podendo levar tempo maior para que os estudantes consigam finalizar. Para tanto, o docente tem liberdade de ampliar as discussões do contexto histórico utilizando diferentes recursos visuais (imagens, vídeos, etc.), leitura de textos que refletem a vida de cientistas, utilizar recursos digitais, formar grupos de debates e outras abordagens. Não obstante, o professor pode julgar seguir ou não as sugestões descritas na NHI, considerando as próprias dificuldades presentes no âmbito da sala de aula: o tempo de aula, a participação da turma, o acesso à recursos, e outros. O mais importante é que o docente possa ter acesso a caminhos para promover discussões sobre a construção da ciência dentro do contexto de cada ambiente escolar.

Mesmo com suas limitações, reconhece-se potencialidades do recurso ao apresentar a história da ciência de forma séria, não como curiosidade ou de forma superficial e irrealista¹⁴, mas como parte essencial do processo de formação para promover a alfabetização científica por permitir a compreensão da ciência e sua atividade de forma mais adequada, afinal busca-se “promover a democracia, dando às pessoas conhecimento suficiente sobre ciência e tecnologia para encorajar o debate público e evitar abandonar as decisões públicas para tecnocratas”¹.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A narrativa histórico-investigativa proposta busca abordar um caso histórico da Química, a ruptura com a teoria do flogisto, como base para sucessivas atividades de investigação por meio de 11 questões que configuram em momentos de engajamento dos alunos em discussões sobre aspectos da natureza da ciência. Dessa forma, é possível que os estudantes se aproximem do fazer ciência se situando no contexto sócio-histórico desenhado e vivenciando os processos de raciocínio, as incertezas, as competições e outros aspectos que envolvem o processo de construção do conhecimento.

A alfabetização científica e tecnológica almeja a formação de um cidadão capaz de usar seu conhecimento científico e tecnológico, sua compreensão do mundo com base nesses conhecimentos, para fazer análises bem informadas de problemas e tomar decisões conscientes. Para tanto, é necessário fomentar discussões e reflexões sobre a ciência e a atividade científica a fim de viabilizar o entendimento de aspectos da natureza da ciência, como o papel de evidências, as influências políticas, ambientais, econômicas e outras, o papel das normas e valores da comunidade científica, o contexto sócio-histórico e muitos outros que culminaram no processo de construção da ciência que se conhece.

A narrativa histórico-investigativa é limitada por um recorte histórico necessário para o desenvolvimento do material, mas são destacadas potencialidades de reflexões importantes que corroboram para uma visão mais adequada da ciência e para a formação cidadã do indivíduo, no sentido de reconhecer aspectos da natureza da ciência, ampliar sua compreensão de mundo por meio desses conhecimentos e utilizá-los em suas decisões.

Por fim, se enfatiza que outros recortes históricos são possíveis e se espera que a NHI proposta possa instigar professores e pesquisadores a desenvolverem outros materiais abordando a história da ciência a fim de viabilizar a aproximação entre a história da ciência e o ensino em diferentes temáticas.

SOBRE OS AUTORES:

Yana Bárbara da Silva Teixeira
Universidade Federal do Amazonas – UFAM
ybarbarateixeira@gmail.com

Ettore Paredes Antunes
Universidade Federal de São Carlos
ettore@ufscar.br

Artigo recebido em 27 de maio de 2025
Aceito para publicação em 18 de agosto de 2025



Todo conteúdo desta revista está licenciado em Creative Commons CC By 4.0.