



**UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE – UFF**  
**INSTITUTO DE BIOLOGIA – IB**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM**  
**CIÊNCIAS, TECNOLOGIAS E INCLUSÃO – PGCTIn**

**NELSON DOS SANTOS MOREIRA**

**PAISAGENS CONCEITUAIS PARA O ENSINO DE QUÍMICA: DAS**  
**TÉCNICAS ARCAICAS DE TRANSFORMAÇÃO DA MATÉRIA À**  
**QUÍMICA MODERNA.**

**ORIENTADOR: PROF. DR. LUIZ ANTÔNIO BOTELHO ANDRADE**



**NELSON DOS SANTOS MOREIRA**

**PAISAGENS CONCEITUAIS PARA O ENSINO DE QUÍMICA: DAS  
TÉCNICAS ARCAICAS DE TRANSFORMAÇÃO DA MATÉRIA À  
QUÍMICA MODERNA.**

**ORIENTAÇÃO: PROF. DR. LUIZ ANTÔNIO BOTELHO ANDRADE**

Tese, estruturada em artigos, apresentada como requisito parcial ao Programa de Pós-Graduação em Ciências, Tecnologias e Inclusão – PGCTIn, do Instituto de Biologia da Universidade Federal Fluminense para obtenção do título de Doutor em Ciências, Tecnologias e Inclusão.

Orientação: Dr. Luiz Antônio Botelho Andrade.

**NITERÓI**

**2025**

Ficha catalográfica automática - SDC/BCV  
Gerada com informações fornecidas pelo autor

M835p Moreira, Nelson Dos Santos  
Paisagens Conceituais para o Ensino de Química: : Das  
Técnicas Arcaicas de Transformação da Matéria à Química  
Moderna / Nelson Dos Santos Moreira. - 2025.  
92 f.: il.

Orientador: Luiz Antônio Botelho Andrade.  
Tese (doutorado)-Universidade Federal Fluminense, Instituto  
de Biologia, Niterói, 2025.

1. Paisagens Conceituais. 2. Cartografia Histórica. 3.  
Teatro Científico. 4. Ensino de Química. 5. Produção  
intelectual. I. Andrade, Luiz Antônio Botelho, orientador.  
II. Universidade Federal Fluminense. Instituto de Biologia.  
III. Título.

CDD - XXX

**NELSON DOS SANTOS MOREIRA**

**PAISAGENS CONCEITUAIS PARA O ENSINO DE QUÍMICA: DAS  
TÉCNICAS ARCAICAS DE TRANSFORMAÇÃO DA MATÉRIA À  
QUÍMICA MODERNA.**

Tese, estruturada em artigos, apresentada como requisito parcial ao Programa de Pós-Graduação em Ciências, Tecnologias e Inclusão – PGCTIn, do Instituto de Biologia da Universidade Federal Fluminense para obtenção do título de Doutor em Ciências, Tecnologias e Inclusão.

Orientação: Dr. Luiz Antônio Botelho Andrade.

**BANCA EXAMINADORA**

**Dr. Prof. Luiz Antônio Botelho Andrade (Orientador, Presidente, PGCTIn-UFF)**

**Dr. Marlon Hebert Flora Barbosa Soares (Titular, externo, PPGECEM, UFG)**

**Dra. Maura Ventura Chinelli (Titular, PPGECEM, UFF)**

**Dr. Prof. Luiz Mors Cabral (Titular, PPGECEM, UFF)**

**Dr. Francisco Gilson Rebouças Porto Junior (Titular, Revisor, PGCTIn, UFT)**

**Dra. Prof. Fabiana Rodrigues Leta (Suplente, PGCTIn, UFF)**

**Dr. Manoel Gustavo Leitão (Suplente, CMPDI, UFF)**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, aos meus colegas do doutorado, cuja parceria, apoio mútuo e troca constante de saberes tornaram esta caminhada mais leve e enriquecedora. Cada discussão, incentivo e colaboração contribuíram significativamente para a construção deste trabalho.

Registro também minha profunda gratidão aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciências, Tecnologia e Inclusão da Universidade Federal Fluminense, que, com dedicação e competência, ampliaram meus horizontes acadêmicos e intelectuais. Suas orientações, críticas e ensinamentos foram fundamentais para o desenvolvimento desta pesquisa.

A meus filhos e à minha família, deixo o agradecimento mais afetuoso. Pela paciência nos momentos de ausência, pela compreensão diante das longas horas de estudo e escrita, e pelo amor incondicional que me sustentou ao longo de toda esta jornada. Sem vocês, nada disso seria possível.

Por fim, agradeço de maneira especial ao meu orientador, Dr. Prof. Luiz Antônio Botelho Andrade, cuja orientação segura, sensibilidade acadêmica e confiança depositada em meu trabalho foram essenciais para que esta tese se concretizasse. Sua generosidade intelectual e seu compromisso com a formação de pesquisadores deixam marcas que levarei para toda a vida.

## **RESUMO**

Desenvolvida no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Ciências, Tecnologias e Inclusão da Universidade Federal Fluminense (PGCTIN/UFF), esta Tese investiga a articulação entre a história da ciência, filosofia e arte no ensino de Química e na divulgação científica. Estruturada no formato de artigos interdependentes, a pesquisa apresenta duas vertentes complementares: Uma que discute história e filosofia da ciência (artigos 1 e 2) e a outra o uso do teatro científico como recurso pedagógico e comunicativo (artigo 3). Para amarração dos três artigos, utilizamos como fio condutor o conceito chave – paisagem conceitual. No artigo 1, realizamos uma cartografia histórica autoral, apresentada como uma metáfora lagunar, destacando as transformações do pensamento químico, suas interconexões e representações simbólicas ao longo do tempo. No artigo 2, apresentamos duas paisagens conceituais, uma de abordagem mais filosófica, dialética, sobre a passagem da Alquimia à Química Moderna, e a outra histórica, com reflexões sobre obstáculos epistemológicos – desinformação – para o campo da educação. No artigo 3, a paisagem conceitual se revela enquanto encenação e ludicidade, mediada pelo teatro científico, facilitador do processo ensino-aprendizagem e da divulgação científica para um público mais amplo. Conclui-se que o diálogo entre ciência e arte constitui um caminho fecundo para o ensino e a divulgação científica, permitindo compreender o conhecimento não apenas como acúmulo de informações, mas como expressão cultural e histórica da humanidade.

Palavras-chave: Paisagem Conceitual; Cartografia histórica; Teatro científico; Ensino de Química; Ciência e Arte; Divulgação científica;

## **ABSTRACT**

Developed within the scope of the Graduate Program in Sciences, Technologies, and Inclusion at Fluminense Federal University (PGCTIN/UFF), this Thesis investigates the articulation between the history of science, philosophy, and art in Chemistry teaching and in science communication. Structured in the format of interdependent articles, the research presents two complementary strands: one that discusses the history and philosophy of science (articles 1 and 2) and the other the use of scientific theater as a pedagogical and communicative resource (article 3). To connect the three articles, we used as a guiding thread the key concept of Conceptual Landscape. In article 1, we carried out an authorial historical cartography, presented as a lagoon metaphor, highlighting the transformations of chemical thought, its interconnections, and symbolic representations over time. In article 2, we present two conceptual landscapes, one of a more philosophical, dialectical

approach on the transition from Alchemy to Modern Chemistry, and the other historical, with reflections on epistemological obstacles—misinformation—for the field of education. In article 3, the conceptual landscape reveals itself as staging and playfulness, mediated by scientific theater, facilitating the teaching-learning process and science communication for a broader audience. It is concluded that the dialogue between science and art constitutes a fruitful path for teaching and science communication, allowing an understanding of knowledge not merely as an accumulation of information, but as a cultural and historical expression of humanity.

Keywords: Conceptual Landscape; Historical Cartography; Scientific Theater; Chemistry Teaching; Science and Art; Science Communication

## **RESUMEN**

Desarrollada en el ámbito del Programa de Posgrado en Ciencias, Tecnologías e Inclusión de la Universidad Federal Fluminense (PGCTIN/UFF), esta Tesis investiga la articulación entre la historia de la ciencia, la filosofía y el arte en la enseñanza de la Química y en la divulgación científica. Estructurada en el formato de artículos interdependientes, la investigación presenta dos vertientes complementarias: una que discute historia y filosofía de la ciencia (artículos 1 y 2) y la otra el uso del teatro científico como recurso pedagógico y comunicativo (artículo 3). Para articular los tres artículos, utilizamos como hilo conductor el concepto clave de *\*Paisaje Conceptual\**. En el artículo 1, realizamos una cartografía histórica autoral, presentada como una metáfora lagunar, destacando las transformaciones del pensamiento químico, sus interconexiones y representaciones simbólicas a lo largo del tiempo. En el artículo 2, presentamos dos paisajes conceptuales, uno de enfoque más filosófico, dialéctico, sobre la transición de la Alquimia a la Química Moderna, y el otro histórico, con reflexiones sobre obstáculos epistemológicos —la desinformación— para el campo de la educación. En el artículo 3, el paisaje conceptual se revela como puesta en escena y ludicidad, mediada por el teatro científico, facilitando el proceso de enseñanza-aprendizaje y la divulgación científica para un público más amplio. Se concluye que el diálogo entre ciencia y arte constituye un camino fecundo para la enseñanza y la divulgación científica, permitiendo comprender el conocimiento no solo como acumulación de información, sino como expresión cultural e histórica de la humanidad.

Palabras clave: Paisaje Conceptual; Cartografía Histórica; Teatro Científico; Enseñanza de la Química; Ciencia y Arte; Divulgación Científica.

# SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	9
APRESENTAÇÃO .....	9
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	10
OBJETIVOS .....	17
OBJETIVO GERAL.....	17
OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	17
2. METODOLOGIA.....	18
3. RESULTADOS .....	19
ARTIGO 1 – CARTOGRAFIA HISTÓRICA PARA O ENSINO DE QUÍMICA: DAS TÉCNICAS ARCAICAS DE TRANSFORMAÇÃO DA MATÉRIA À QUÍMICA MODERNA .....	19
ARTIGO 2 – REFLEXÕES SOBRE DESINFORMAÇÃO E FAKENEWS A PARTIR DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA: LIÇÕES DE ARQUIMEDES E LAVOISIER .....	36
ARTIGO 3 – LAVOISIER, DA ALQUIMIA Á QUÍMICA MODERNA: TEATRO INTEGRANDO CIÊNCIA, ARTE E EDUCAÇÃO. ....	55
4. DISCUSSÃO.....	68
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	72
6. BIBLIOGRAFIA.....	75
APÊNDICE.....	81
APÊNDICE A - DECLARAÇÃO DE USO EXCLUSIVO DE ARTIGO EM TESE DECLARAÇÃO DE USO EXCLUSIVO DE ARTIGO EM TESE.....	81
APÊNDICE B.....	82

# 1. INTRODUÇÃO

## APRESENTAÇÃO

Minha trajetória pessoal e profissional é marcada pela convergência entre o fazer artesanal, a ciência e a arte. Provenho de uma família de carpinteiros - meu avô e meu pai exerceram esse ofício, o qual aprendi desde a infância, auxiliando meu pai em atividades de marcenaria. A convivência com o trabalho manual e criativo despertou meu interesse precoce pela experimentação e pela construção de artefatos, o que mais tarde se refletiria em minha afinidade com as técnicas e com as ciências.

Realizei toda a minha formação básica em instituições públicas de ensino, nas quais sempre demonstrei dedicação, com um interesse especial pelas disciplinas científicas. Desde os primeiros anos do ensino fundamental, desenvolvi grande curiosidade pelos fenômenos naturais, motivando-me a adquirir e utilizar kits de experimentação tal qual “O Pequeno Químico”. Em casa, aproveitando a estrutura da oficina de marcenaria de meu pai, realizava experiências e construía diversos dispositivos, tais como telégrafos e máquinas de elevação, conciliando o aprendizado escolar com a prática experimental. Durante o ensino médio, cursei o Técnico em Química, formação que me proporcionou sólida base científica e possibilitou a inserção no mercado de trabalho. Atuei como estagiário e funcionário em empresas do setor químico, dentre as quais se destaca a DuPont do Brasil. Paralelamente, iniciei meu envolvimento com o teatro, por meio de cursos e grupos amadores, nos quais participei de montagens e descobri o prazer de ensinar ao ministrar aulas de teatro. Essa vivência ampliou minha percepção sobre os processos de comunicação, expressão e aprendizado. Posteriormente, ingressei na Escola de Arte Dramática — Casa das Artes de Laranjeiras (CAL), no Rio de Janeiro, onde aprofundei minha formação artística. Desde então, tenho atuado em companhias de teatro e mantido atividades nesse campo, conciliando-as com minha carreira docente. Minha trajetória intelectual caracteriza-se pela integração entre as áreas de Ciências Exatas e Ciências Humanas. Sempre manifestei interesse em disciplinas das ciências naturais - Física e Química, mas também das ciências humanas - Teatro, Poesia, Filosofia e Educação. Essa articulação de saberes orientou minha escolha profissional pela Licenciatura em Química, carreira que exerci em instituições públicas e privadas. Posteriormente, realizei uma especialização lato sensu em Ensino de Química, período em que aprofundei o estudo da Alquimia e da História da Química, orientado pelo Prof. Luiz Andrade. Esse contato permitiu-me compreender as dimensões culturais e filosóficas da ciência e abriu caminho para a aproximação entre ciência e arte, especialmente no âmbito da divulgação científica.

No Mestrado em Ensino de Química, desenvolvido sob orientação da Professora Maura Ventura Chinelli, consolidei essa integração entre arte e ciência, investigando o potencial do teatro como instrumento de ensino e de divulgação científica. Em 2021, ingressei no Programa de Pós-Graduação em Ciências, Tecnologias e Inclusão (PGCTIN/UFF), no qual desenvolvo a presente pesquisa de doutorado, sob orientação do Professor Luiz Andrade.

## **FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **Paisagem Conceitual**

O conceito de Paisagem Conceitual, proposto originalmente por Andrade (2019), é um desdobramento da metáfora Conhecimento é Caminho, também proposta pelo referido autor (Andrade, 2018). Assim, o fenômeno do conhecimento é definido como

um caminho processual humano, construtivo e criativo, mediado por passos e/ou sequências lógicas concatenadas de fazeres, dizeres e saberes, em resposta a uma demanda, pergunta, objetivo ou desejo, cujo produto explica, conceitua e/ou satisfaz o demandante e a comunidade que faz uso deste produto, mesmo que provisoriamente” (Andrade, 2018, p. 131).

Assim, ao aceitarmos a proposição acima, vislumbramos a ideia de que o caminho metafórico do conhecimento pode se abrir, de vez em quando, em paisagens que ampliam o olhar do observador, ou seja, um “lugar de parada, de síntese provisória, inacabada e em vias de recomeçar” (Sancovschi; Kastrup, 2008). Andrade (2019) nos faz o alerta de que a paisagem conceitual não deve ser tomada como uma imagem espontânea, capturada pelo observador como se fosse uma fotografia da realidade. Como nos ensina Vygotsky (1989), o conceitual aparece como resultado de um esforço mental e não como uma imagem fotográfica. Nesta mesma linha, para a Biologia do Conhecer (Maturana; Varela, 1995; Maturana, 2001), o cérebro não opera como máquina fotográfica de captação e revelação de fotografias e, portanto, o pensamento, enquanto processo e fenômeno emergente, não opera tampouco por meio da combinação simples e mecânica de folhear um álbum de fotografias capturadas e reveladas como representações da realidade (Varela et al. 2003). Pelo contrário, os processos do pensamento surgem com a linguagem e os conceitos, enquanto produtos deste processo, constituem o próprio pensamento. Este círculo virtuoso, proposto por Vygotsky (1989), se assemelha à recursividade das “coordenações de coordenações condutais consensuais” proposta por Maturana e Varela (1995), ao definirem a

linguagem. O traço comum entre os dois processos – linguagem e pensamento - é a utilização funcional da palavra como meio de orientação voluntária da atenção – como meio de abstrair, isolar, sintetizar esses traços como símbolos. É importante ressaltar que estes últimos emergem de um processo histórico e, assim, não são concebidos *a priori*. O conceito, da mesma forma, não surge como uma simples associação da palavra com os objetos da realidade, ele deve ser, necessariamente, construído. A semelhança entre o construtivismo histórico-cultural de Vygotsky (2007) e o autopoietico de Maturana e Varela (1995), especialmente na abordagem “enativa” (atuacionista) do segundo (Varela et al. 2003), já foi apontado anteriormente por Sancovschi e Kastrup (2008). As referidas autoras mostram que tanto Vygotsky quanto Maturana e Varela (1995), mesmo separados geográfica e historicamente, compreenderam que a cognição, a aprendizagem e a formação de conceitos são processos, são caminhos tortuosos, cheios de idas e vindas, com atalhos e um emaranhado de voltas que se entrelaçam como um rizoma (Deleuze; Guatarri, 1995), uma rede (Capra, 2002; Levi, 2006) ou uma árvore do conhecimento (Maturana; Varela, 1995).

Assim, seguimos os passos propostos por Andrade (2018; 2019) quando da criação dos conceitos de conhecimento (2018) e Paisagem Conceitual (2019), assim definida:

Termo, ou expressão linguística, capaz de nomear, representar, criar, apreciar e comunicar um objeto de pensamento para o próprio sujeito que o expressa, ou para um interlocutor, significando para ambos o próprio objeto em questão, ou o processo pelo qual este objeto foi criado, identificado, descrito, nomeado, classificado e apreciado, como uma síntese, no caminho construtivo do conhecimento (Andrade, 2019, p.185).

Embora a definição citada acima nos instigue a pensar sobre os nossos próprios percursos acadêmicos, o que é importante para o nosso trabalho é o que decorre dela, ou seja, a possibilidade de ampliação do nosso olhar epistemológico que surge como uma parada reflexiva no caminho construtivo do conhecimento. A paisagem conceitual, quando surge como produto da reflexão e da reconstrução do percurso histórico, possibilita um olhar mais atento, analítico e ampliado, tanto do passado, ao revelar o caminho trilhado para se chegar àquela posição epistemológica onde se encontra o observador, quanto do futuro, ao descortinar inúmeras possibilidades, novas perguntas e novos caminhos de pesquisa – sua heurística.

Dito isto, utilizamos a metáfora Paisagem Conceitual para interligar, como fio condutor, as três diferentes abordagens aqui propostas: cartográfica, filosófica e educacional. É também com

este fio metafórico, em interlocução com a Banca de Avaliação desta Tese, que vislumbramos novas perguntas para dar continuidade à nossa formação pós-doutoral.

A primeira abordagem – cartográfica - surgiu da leitura de um artigo clássico de Francisco Varela intitulado o Conhecer (1994). Neste artigo, o referido autor faz uma Cartografia das Ciências Cognitivas com uma imagem constituída de três círculos concêntricos, entrecruzados por eixos representando disciplinas e pontos dispersos no espaço cartográfico, representando os diferentes autores (Varela, 1994). Os círculos representam rupturas paradigmáticas sobre a cognição, quais sejam: núcleo fundador ou cognitivismo, o conexismo e o emergentismo, também designado pelo autor como enacionismo, de *enaction*, atuação. Para além desta ideia de mapa, a cartografia assume outros sentidos, um dos quais utilizado como metodologia de pesquisa inspirada na obra *Mil Platôs*, de Deleuze e Guattari (2011). Leiliane Silva e Dagmar Silva (2025) discutem o uso do sentido metodológico em estudos no campo da Educação. As referidas autoras mostram que esta metodologia problematiza a visão tradicional, linear e objetiva, do observador em relação ao seu objeto do conhecimento. Elas argumentam que a metodologia cartográfica deleuzeana acolhe o imprevisível, o sensível e o movimento dos processos educativos e, por isso, são mais adequadas às investigações no campo das ciências humanas (Silva; Silva, 2025).

Para representar a história da Química por meio de uma Cartografia Histórica, construímos uma representação imagética de uma bacia hidrográfica como metáfora. Na imagem autoral produzida (Artigo I), vislumbramos um grande lago, representando as técnicas arcaicas, que desagua, por meio de braços de rios (as diferentes alquimias) em um segundo grande lago no qual se misturam diferentes tradições alquímicas (Alexandria). Deste lago surgem dois braços principais, um representando a Alquimia medieval e o outro a Alquimia árabe. No curso, os dois braços se unem para formar um lago menor que representa a Alquimia europeia que, na continuidade, dá origem ao rio dos protoquímicos e, na sequência, a Química Moderna. A Figura principal do Artigo 1 deixa em aberto a possibilidade para se pensar a diversidade de especializações da Química, como elas se apresentam na atualidade.

Seguindo o fio condutor de nossa Tese, utilizamos a paisagem conceitual para discutir dois episódios da História da Ciência – a passagem da Alquimia para a Química Moderna e os Espelhos Ardentes de Arquimedes (Artigo II). No primeiro Episódio, fazemos uma abordagem filosófica ancorada na Dialética. No segundo, de abordagem educacional, ressaltamos alguns obstáculos epistemológicos contemporâneos, especialmente o negacionismo, a desinformação e as fakenews.

Se no Artigo I, a paisagem conceitual foi mostrada de forma concreta – uma imagem de uma bacia hidrográfica, destacando-se o observador em cima de uma montanha de conhecimentos químicos, no Artigo II, as duas paisagens conceituais, referentes aos Episódios I (filosófica) e II

(educacional), se apresentam em estado puramente abstrato e, assim, o observador passa a ser um meta observador, que é o próprio leitor, que se desloca do plano do texto para se apoiar em seus próprios conhecimentos. Este uso abstrato das paisagens conceituais foi apresentado por Andrade (2019) para referenciar a obra e o legado de três educadores – Dewey (1859-1952), Freire (1921-1997) e Maturana (1928-2021). Andrade faz um outro alerta importante, qual seja, ainda que as paisagens conceituais sejam conceitos, nem todos os conceitos se efetivam como paisagens conceituais. Embora as paisagens conceituais possam revelar novos caminhos possíveis e configurar novos conceitos e até novas realidades, elas não se confundem e nem se apresentam com o mesmo status das rupturas paradigmáticas kuhnianas e não se confundem, tampouco, com os mapas conceituais, ainda que possam ser utilizadas nos mesmos. A especificidade e a funcionalidade das paisagens conceituais, como estamos usando aqui nesta Tese, é a de uso na educação, seja como instrumento de análise ou como plano de ação docente no ensino ou na socialização do conhecimento científico - divulgação da ciência. Uma outra constatação de Andrade (2019), é que são poucos os autores que chegam a produzir paisagens conceituais em seus respectivos domínios de atuação, no entanto, quando estas paisagens conceituais são formuladas, elas se tornam mirantes de visitação de inúmeros aprendizes e mesmo de investigadores experientes naquela área do conhecimento. Assim, são paisagens conceituais educacionais a Experiência, em Dewey (1953; 1958), a Conscientização, em Freire (1969; 1970), e a Autopoiese, em Maturana (1997, 2001). Na Sociologia, o conceito de Classe Social, em Marx, é também uma paisagem conceitual. Estas paisagens conceituais servem como mirantes importantes para apreciar campos temáticos interdisciplinares, analisar criticamente as obras dos diferentes autores e, também, como instrumentos para elaboração de planos de aula, planejamento de disciplinas e fios condutores de teses, como estamos fazendo aqui. Embora a Dialética, em seus três principais sentidos – platônico, hegeliano e marxista – possam ser assumidos como paisagens conceituais, optamos pela Dialética hegeliana para discutir a passagem da Alquimia para Química Moderna, no Episódio II, do Artigo II. Os diferentes sentidos do termo dialética, a partir dos referidos autores podem ser assim explicitados, conforme nos ensina Marilena Chauí, 2003: (a) arte do diálogo para atingir a verdade (Platão); (b) a concepção de que o mundo está em contínuo movimento por um processo que envolve a contradição e a luta de contrários (tese, antítese e síntese) (Hegel) (c) método de análise que procura evidenciar as contradições da realidade social e resolvê-las no curso do desenvolvimento histórico (Marx). Dentre estes três sentidos, optamos pela dialética hegeliana - a contradição e a luta de contrários (tese, antítese e síntese) para interpretar a passagem da Alquimia para a Química Moderna. Nossa opção se pauta pela maior adequação do sentido hegeliano da dialética para pensar os objetos de nosso estudo, seja no âmbito da história da ciência,

seja no campo educacional. Tal escolha não tem caráter meramente didática, mas expressa a compreensão de que, em Hegel (2003; 2014), a dialética não é um método externo ao pensamento, e sim o próprio movimento pelo qual a razão se constitui historicamente (Hegel, 2003). Nesse sentido, a apresentação das noções fundamentais não se dá de forma linear, mas como um processo marcado por tensões, contradições e superações sucessivas. Essa concepção apresenta implicações significativas para o campo educacional, posto que a educação está diretamente vinculada ao processo de formação do espírito (*Bildung*), entendido como conquista progressiva da autonomia racional. O sujeito educa-se ao enfrentar as contradições próprias de seu desenvolvimento, superando o imediatismo por meio da mediação do conhecimento sistematizado (Hegel, 2003). O saber acadêmico, particularmente o científico, desempenha papel central nesse processo, ao desenvolver capacidades de observação, análise, julgamento e síntese. Sob essa perspectiva, a ciência não deve ser apresentada para os estudantes como um corpo de verdades prontas, mas como um conhecimento historicamente construído. No ensino de Química, essa compreensão revela-se particularmente fecunda quando se considera a chamada revolução química protagonizada por Antoine-Laurent Lavoisier. A transição do paradigma do flogístico para uma nova concepção da combustão e da conservação da matéria não ocorreu por simples substituição de ideias, mas por um processo de tensão teórica, no qual concepções anteriores foram criticadas, reelaboradas e ressignificadas (Porto, 2010). Tal leitura permite compreender o desenvolvimento da Química como um processo dialético, marcado por rupturas, continuidades e reconstruções conceituais.

Do ponto de vista pedagógico, essa abordagem histórica e dialética da Química contribui para romper com práticas dogmáticas de ensino, que tendem a apresentar conceitos científicos como verdades absolutas e descontextualizadas. Ao explorar controvérsias, conflitos teóricos e disputas conceituais, cria-se um espaço formativo no qual o estudante é convidado a participar do próprio movimento do pensamento científico, desenvolvendo habilidades de argumentação, análise crítica e síntese conceitual (Saviani, 2007). Nesse sentido, o ensino de Química assume um caráter formativo, coerente com a noção hegeliana de *Bildung*. O estudante é progressivamente afastado de uma compreensão imediata dos fenômenos naturais e conduzido a uma leitura mediada pela linguagem científica, pela lógica conceitual e pela experimentação. Essa subordinação inicial às normas e conceitos da ciência constitui condição para a emancipação intelectual do sujeito. A articulação entre dialética, história da ciência e práticas pedagógicas, como o teatro científico desenvolvido neste trabalho, reforça essa dimensão formativa. Ao encenar episódios da vida e da obra de Lavoisier, o conflito dramático passa a operar como mediação simbólica das contradições

históricas e conceituais que impulsionaram o desenvolvimento da Química, aproximando razão, sensibilidade e linguagem.

Por fim, essa perspectiva dialética do ensino de Química dialoga diretamente com as reflexões desenvolvidas no Artigo II sobre fakenews, no qual se evidencia que a fragilidade dos processos de interpretação e mediação racional favorece posições extremistas e discursos dogmáticos (Moreira; Andrade, 2025). À luz do pensamento hegeliano, pode-se afirmar que quanto menor a capacidade de elaboração conceitual e de enfrentamento das contradições, maior a tendência à polarização e à substituição do debate racional por formas simbólicas de violência. Assim, uma educação científica fundamentada no diálogo, na historicidade do conhecimento e na razão crítica constitui condição essencial para a vida em comum e para o exercício pleno da cidadania.

Embora a dialética hegeliana seja ressaltada como instrumento de análise em nossa Tese, não dispensaremos a contribuição de outros filósofos como Bachelard, Foucault e outros para melhor delinear e refletir sobre os objetos de nossa preocupação científica e educacional. Assim, Bachelard (1938; 1949; 1977) concebe a epistemologia como uma ciência da ciência, histórica e crítica, centrada no estudo das rupturas do pensamento científico. Para ele, o conhecimento não progride de forma linear, mas por meio da superação de obstáculos epistemológicos — hábitos e concepções que, embora úteis em certo momento, tornam-se entraves ao avanço racional. O verdadeiro espírito científico nasce desse esforço contínuo de reconstrução. No ensino de Química, essa perspectiva auxilia a compreender as dificuldades cognitivas e conceituais enfrentadas pelos estudantes. Assim, na transição da Alquimia à Química Moderna, da teoria do flogístico à Teoria do oxigênio, exemplifica-se uma ruptura epistemológica decisiva, no campo científico, quando Lavoisier e seus contemporâneos — Boyle, Scheele e Priestley — transformaram o invisível em entidades mensuráveis, abrindo caminho para a explicação racional dos fenômenos. Há de se ressaltar, no entanto, que este avanço científico criou, por outro lado, alguns obstáculos epistemológicos no plano educacional. Enquanto nos livros didáticos o estudo macroscópico da matéria, é seguido por uma introdução abrupta dos modelos atômicos, suprimindo a ponte representada pela protoquímica dos gases, produz um hiato que, ao nosso ver, é um verdadeiro obstáculo epistemológico para estudantes e professores. Vale ressaltar, ainda no contexto educacional, que o negacionismo e a desinformação são também importantes obstáculos epistemológicos no âmbito da escola e da sociedade em geral.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) destacam a importância da História da Ciência como meio do estudante aprender o contexto das perguntas e compreender o caráter dinâmico e

humano da construção do conhecimento. No entanto, enquanto a BNCC procura induzir a concretização desse princípio contextual, a dimensão histórica raramente é explorada em profundidade no ensino de Química. Assim, a recuperação do percurso conceitual — de Paracelso a Lavoisier, por exemplo, permite que o estudante vivencie simbolicamente as rupturas do pensamento científico e compreenda a gênese dos conceitos.

Sob outro viés, Michel Foucault (1969; 1986) entende a ciência como uma prática discursiva, estruturada por regras históricas que definem o que pode ser dito e pensado em determinada época. Nesta concepção foucaultiana, a obra de Lavoisier representa uma reconfiguração discursiva profunda, ao instituir uma nova linguagem — “oxigênio”, “reação”, “combustão”, “conservação da massa” — e novos critérios de validação das explicações científicas. Essa transformação discursiva não apenas criou um vocabulário, mas fundou um novo modo de pensar a natureza química e, com ela, uma nova ciência.

O nosso trabalho se insere nessa confluência entre história, epistemologia, ciência e arte para pensar o ensino de Química. Com esta mesma preocupação, muitos educadores têm debatido sobre os diversos desafios inerentes ao ensino de Química, dentre os quais se destacam o pouco domínio conceitual, a ausência de contextualização histórica dos conteúdos, assim como da ludicidade no desenvolvimento de práticas pedagógicas apropriadas. Com isto em mente, formulamos a seguinte hipótese:

Se os desafios relacionados à ludicidade, à contextualização histórica e a conceptualização forem superados, os estudantes demonstrarão maior motivação para o estudo e um engajamento mais ativo na construção do conhecimento escolar.

Essa hipótese orienta a nossa investigação e sustenta a proposta de integração entre história da ciência e arte, sobretudo com a prática teatral como estratégia pedagógica para um ensino de Química mais significativo e inclusivo.

Assim, a Tese articula três eixos complementares, amarrados pelo fio condutor da paisagem conceitual: (1) a cartografia histórica da Química, evidenciando a construção de conceitos e a transição paradigmática da Alquimia para a Química Moderna, (2) o uso da dialética para compreensão da ruptura paradigmática referida em (1), assim como de apontamentos sobre a desinformação, negacionismo e fakenews e (3) ludicidade, com a representação teatral, dando forma sensível e comunicativa à história da ciência.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GERAL**

Usar a paisagem conceitual para interpretação da história e evolução do pensamento químico com vistas ao aprimoramento do Ensino de Química e de sua socialização por meio de intervenções lúdicas como teatro.

### **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

1. Aplicar o conceito de paisagem conceitual como fio condutor da Tese, desenvolvendo uma Cartografia Histórica da Química, abrangendo as técnicas arcaicas de transformação da matéria, a Alquimia, a Protoquímica e a Química Moderna, de modo a subsidiar um ensino contextualizado, lúdico e interdisciplinar.
2. Usar a dialética para compreensão das rupturas paradigmáticas no pensamento químico, usando esta ferramenta de análise para apontamentos sobre a desinformação e fakenews;
3. Produzir um roteiro teatral sobre a história da Química, enfatizando a importância da ludicidade e da narrativa artística como mediações no processo de ensino-aprendizagem

## 2. METODOLOGIA

Considerando a nossa opção por apresentar esta Tese na forma de artigos interdependentes, a metodologia segue esta mesma lógica, ou seja, cada artigo possui um conjunto coerente de procedimentos relacionados ao *modus faciendi* para responder as perguntas e objetivos de cada um. A interdependência dos artigos é assegurada pela complementaridade dos mesmos para a construção teórica do argumento central da Tese, qual seja, elaboração de uma cartografia histórica, conceitual e dialética da Química, articulando esta abordagem ao lúdico-teatral para uso no ensino e na divulgação científica. Haja vista a potência analítica da dialética, expandimos o uso desta ferramenta para problematizar fenômenos contemporâneos que nos afligem e nos comprometem na atualidade – negacionismo, desinformação e *fake News*. Neste sentido, a metodologia irá combinar procedimentos que são comuns aos diferentes artigos - revisão teórica crítica, análise documental, investigação histórica de caráter qualitativo, integrativo e exploratório - mas, também, procedimentos específicos adaptados às particularidades temáticas de cada artigo, por exemplo, a produção de um diagrama para a Cartografia (Artigo 1), as produções esquemáticas das tríades dialéticas (Artigo 2) e a produção de um roteiro para a esquete teatral (Artigo 3). Este formato de tese permite que cada artigo seja apresentado com seu próprio desenho metodológico, sem perder de vista a interconexão conceitual da pesquisa, enquanto unidade investigativa, metodológica e textual, amarrada pelo fio condutor da paisagem conceitual.

### 3. RESULTADOS

#### ARTIGO 1 – CARTOGRAFIA HISTÓRICA PARA O ENSINO DE QUÍMICA: DAS TÉCNICAS ARCAICAS DE TRANSFORMAÇÃO DA MATÉRIA À QUÍMICA MODERNA

##### Apresentação do Artigo 1

Submetido e aceito pela Revista Caderno Pedagógico (classificada como *Qualis A2* da CAPES), a Cartografia da Química foi inspirada em um dos clássicos de Francisco Varela – o Conhecer (1994) propondo um panorama cartográfico das ciências cognitivas, com eixos disciplinares e autores. A partir desta ideia fonte, adicionamos as reflexões epistemológicas de meu orientador e também coautor deste artigo - Luiz Andrade - com as metáforas “Conhecimento é Caminho” (2018) e “Paisagem Conceitual” (2019). Instigado por estas duas metáforas, criamos uma outra imagem metafórica - uma planície lagunar, denominada Cartografia Histórica da Química, vista a partir de um mirante (paisagem) por um observador - aprendiz de Química. Depois de publicado, a Revista entrou em contato com os autores para dizer que o Artigo foi muito bem aceito pelo público, aferido pelo número expressivo downloads, e, portanto, fomos convidados pela Editora para publicar o referido artigo como um capítulo de um Livro a ser organizado pela própria Editora.

Cartografia Histórica Científica e o Ensino de Química: das técnicas arcaicas de transformação da matéria à química moderna

Nelson dos Santos Moreira  
Luiz Antônio Botelho Andrade

Publicado na Revista Caderno Pedagógico, V.22, n.6 – em 04/2025.  
DOI: 10.54033/cadpedv22n6-242

##### Introdução

Muitos educadores têm debatido os diversos desafios inerentes ao ensino de Química. Dentre esses, três aspectos são consensualmente reconhecidos e podem ser caracterizados pela ausência de: contextualização dos conteúdos, domínio dos conceitos fundamentais e ludicidade no processo de aprendizagem. Nossa hipótese sustenta que, ao superar esses três desafios, os estudantes

demonstrarão maior motivação para o estudo e assumirão um papel ativo como protagonistas na construção do conhecimento escolar.

Nesta perspectiva, o principal objetivo deste artigo é construir uma Cartografia Histórica da Química, desde os tempos imemoriais, com as técnicas arcaicas de transformação da matéria, passando pela alquimia, proto-química até a ruptura paradigmática que levou a fundação da Química Moderna, com a Teoria do Oxigênio, proposta por Lavoisier (1743 - 1794).

Para reconstruir o percurso histórico e cartográfico da Química, torna-se fundamental apresentar e discutir dois conceitos de natureza epistemológica, quais sejam, cartografia histórica e paisagem conceitual.

A Cartografia é um conceito polissêmico (Alvarez; Passos, 2009), não restrito à geografia ou à representação física de um determinado espaço (Sauer, 1998). Ela pode ser entendida como um campo de forças heurísticas com as quais é possível analisar, conceituar e comunicar fenômenos históricos, como pretendemos realizar aqui sobre a Química. Haja vista que a cartografia é também concebida como método de pesquisa, que rompe com ideia tradicional da representação para propor, no seu lugar, um atuar processual (Passos; Barros, 2009), tiraremos proveito desta concepção dinâmica e processual para reconstruir o percurso histórico da Química, sem perder de vista os desafios educacionais anunciados anteriormente, quais sejam: contextualização, domínio conceitual e ludicidade.

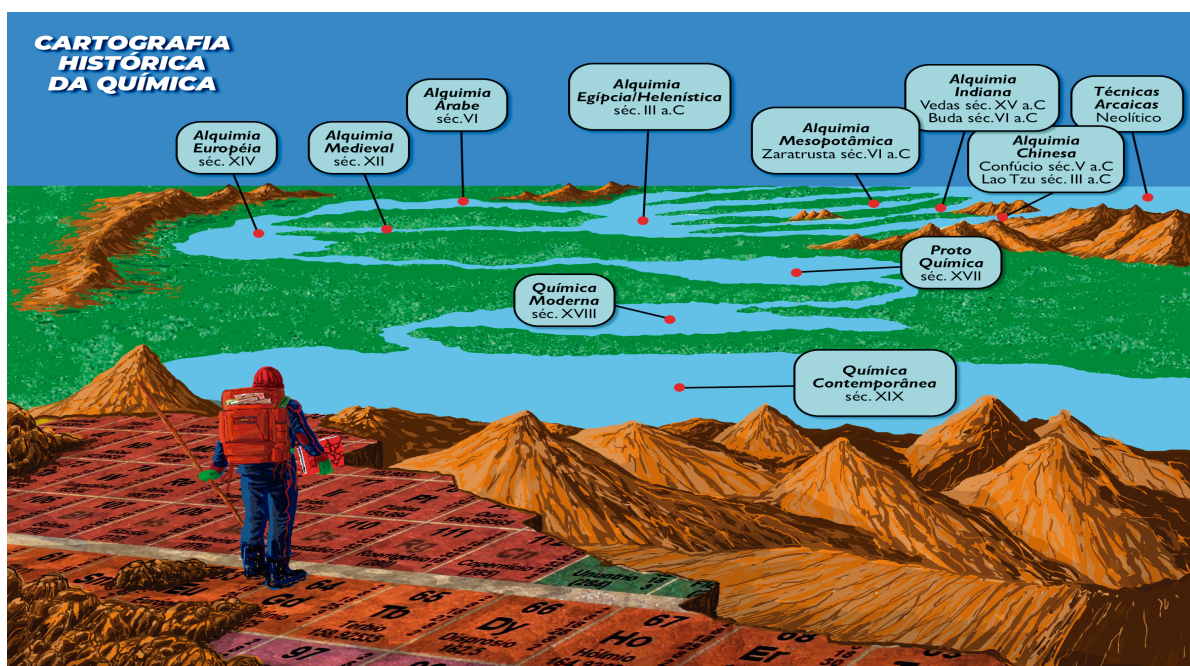
O conceito de Paisagem Conceitual, proposto originalmente por Andrade (2019), é um desdobramento do pensar cartográfico e da metáfora Conhecimento é Caminho, também proposta pelo referido autor (Andrade, 2018). Assim, entende-se por paisagem conceitual um

Termo, ou expressão linguística, capaz de nomear, representar, criar, apreciar e comunicar um objeto de pensamento para o próprio sujeito que o expressa, ou para um interlocutor, significando para ambos o próprio objeto em questão, ou o processo pelo qual este objeto foi criado, identificado, descrito, nomeado, classificado e apreciado, como uma síntese, no caminho construtivo do conhecimento (Andrade, 2018, p.185).

Embora a definição citada acima nos instigue a pensar sobre os nossos próprios percursos acadêmicos, o que é importante para o nosso trabalho é o que decorre dela, ou seja, a possibilidade de ampliação do olhar epistemológico do observador, seja ele educador ou educando, que surge como uma parada reflexiva no caminho construtivo do conhecimento. Quando surge, como produto da reflexão e da reconstrução do percurso histórico, ela possibilita um olhar mais atento, analítico e ampliado, tanto do passado, ao revelar o caminho trilhado para se chegar àquela posição epistemológica onde o aprendiz se encontra, quanto do futuro, ao descortinar inúmeras possibilidades, novas perguntas e novos caminhos de pesquisa – sua heurística.

Dito isto, atualizamos a metáfora Paisagem Conceitual de Andrade, 2019, ao nosso objetivo neste artigo e, assim, criamos uma imagem metafórica de uma planície denominada aqui de Cartografia Histórica da Química (Figura 1) vista de um mirante que mostra, entre suas fontes, lagos e lagoas, os diferentes percursos históricos de construção do conhecimento químico, desde as Técnicas Arcaicas de transformação da matéria até a Química Contemporânea, que está representada na imagem, mas que não será abordada em profundidade, neste artigo.

Figura 1- Cartografia Histórica da Química



Para descrever o lago fonte dos tempos imemoriais, nos baseamos na obra intitulada “Ferreiros e Alquimistas”, do renomado historiador Mircea Eliade (1979). O referido autor explora as conexões entre a metalurgia, a alquimia e os mitos, destacando o simbolismo espiritual e cultural associado a essas práticas de transformação da matéria, iniciadas e mantidas por vários milênios e, portanto, denominadas aqui, no seu conjunto, de tempos imemoriais, como uma simplificação didática. Eliade (1979) nos mostra como as atividades dos ferreiros e metalúrgicos de outrora estavam profundamente ligadas às dimensões simbólicas – sagradas, ritualísticas, espirituais e cosmológicas, e não apenas às necessidades práticas e utilitárias do cotidiano. Ele nos mostra ainda, na sua obra clássica já citada, que o ferreiro, em muitas culturas antigas, era visto como um ser quase divino, pois dominava o fogo e era capaz de transformar minerais brutos em objetos úteis e valiosos. Essa transformação, produzida por um ser terreno, mas que se assemelhava ao feito dos deuses, era comparada a um processo de morte e renascimento, onde o minério bruto “morre” no fogo para renascer como metal purificado. O processo, visto como um símbolo de regeneração espiritual, quando realizado na presença de um aprendiz, era um verdadeiro Rito de Passagem. Eliade, destaca que as atividades laborais dos ferreiros arcaicos de outrora eram frequentemente acompanhadas de rituais e cerimônias, o que reforça a interpretação de seu caráter sagrado.

Como mostra a Figura 1, do grande lago metafórico dos tempos imemoriais, onde foram forjadas as primeiras transformações da matéria, por vários milênios, se abrem diferentes fluxos históricos que vão criar um lago menor, também metafórico, de grande densidade, denominado aqui de Alquimia. Vista assim, como metáfora, a Alquimia herdou muitos dos simbolismos da metalurgia e das práticas arcaicas, mas, enquanto mistura densa e efervescente, se elevou a um nível espiritual ainda maior. Ou seja, enquanto o ferreiro trabalhava, essencialmente, com os materiais, tais como os minérios e os metais, o alquimista irá buscar agora uma transformação ainda mais sublime - o aperfeiçoamento espiritual do praticante, cuja meta principal é a conexão com o sagrado e a própria imortalidade.

Do mirante da paisagem conceitual, é possível observar que o lago da Alquimia foi derivado de diferentes contribuições históricas e, portanto, passaremos agora a descreve-las com mais detalhes, ressaltando, quando possível, conceitos e autores.

Segundo os historiadores, temos cerca de cinco mil anos de história documentada (3.000 a.C. a 2.000 d.C.), enquanto o período neolítico (8.000 a 5.000 a.C.) permanece ainda envolto em um grande mistério que vem sendo, pouco a pouco, revelado.

Assim, hoje já sabemos que as grandes culturas antigas — Mesopotâmia, Índia, China e Egito — já dominavam técnicas primitivas de agricultura, metalurgia, preparo de alimentos, mineração, cerâmica, mumificação e a produção de pigmentos, corantes e cosméticos. Algumas dessas práticas exigiam conhecimentos que hoje pertencem à área da Química. Embora não haja registros sobre a descoberta e a manutenção dessas técnicas, há informações sobre seu desenvolvimento, evidenciando que as "artes químicas" remontam a, aproximadamente, 4.500 a.C. Essas técnicas primitivas são denominadas por vários autores como Mágico-Míticas, Artes Primitivas, Mágico-vitalistas ou, simplesmente, Técnicas Arcaicas (Eliade, 1979). Segundo Milton Vargas (apud Goldfarb, 2005), tais técnicas não eram simples adaptações do homem ao meio natural, mas, sim, tentativas de controlar, ou mesmo dominar, a natureza às necessidades humanas.

Neste contexto, vamos destacar certos simbolismos e operações alquímicas, mostrando sua vinculação de origem com os simbolismos encontrados nas técnicas arcaicas envolvidas nos processos de transformação da matéria. Assim, podemos anunciar que foi a partir das técnicas de mineração, fusão e fundição que se encontram as raízes profundas da Alquimia.

Mas o que seriam essas práticas mágico-míticas? Os homens primitivos trabalhavam com ferro meteorítico e, a partir desta matéria prima, faziam facas e objetos raros e valiosos, como o ouro. Como o meteorito vinha do céu, ele era considerado como uma imagem transcendental, ou seja, um objeto estranho que não fazia parte do universo terreno e, portanto, poderia ser usado em rituais carregados de força sagrada (Eliade, 1979). Os meteoritos conservaram um valor sagrado durante muito tempo. Um deles, talvez o mais famoso – o de Meca, guarda esta sacralidade até os nossos dias.

Para além da origem da matéria prima, no caso o ferro meteorítico, a sacralidade se estendia ao processo da forja, incluindo o homem neste processo, posto que ele controlava a magia do fogo, mas, também, as ferramentas usadas na transformação - o martelo, a bigorna e o fole, considerados miraculosos e animados.

A idade do ferro produziu um grande número de ritos, mitos e símbolos que não deixaram de ter reflexos na história espiritual da humanidade. Assim, os antigos consideravam os minerais como embriões que se desenvolviam lentamente no seio da “Mãe Terra”. Galerias, minas e cavernas eram consideradas como o útero, dotado de uma sacralidade telúrica. Se a “gestação natural” seguia a bom termo, os minerais atingiriam a perfeição (ouro). No entanto, se a extração do minério acontece antes do tempo, cabia aos metalúrgicos intervirem a fim de acelerar o processo. Os metalúrgicos, ao intervirem no obscuro processo de crescimento do mineral, ao acelerar o processo de crescimento dos metais, modificava o ritmo temporal e, com isso, o tempo geológico era transformado em tempo vital - essa audaciosa concepção já nos permite pressentir a obra alquímica, ou seja, assim como o metalúrgico e o ferreiro se investem de magia frente aos homens comuns, o alquimista reenceta e conclui a obra da natureza, ao mesmo tempo em que se empenha em fazer-se, a si mesmo, o produto espiritual e simbólico da transformação (Eliade, 1979).

Com o desenvolvimento das técnicas arcaicas de transformação da matéria, emergiu todo um mundo esotérico, repleto de práticas divinatórias, oráculos e sonhos. Não faltaram os sacerdotes que alegavam compreender a vontade das entidades superiores, orientando as ações humanas e controlando os processos naturais. Podemos concluir então que a magia evoluiu paralelamente às técnicas arcaicas, até a Idade Moderna.

Um exemplo desse pensamento pode ser encontrado no livro de Jâmblico - O Livro dos Mistérios do Egito - que trata da teurgia que é o nome para ritos e práticas religiosas que possibilitam o contato com os deuses para deles, se obter ajuda.

Segundo Karl Jaspers (1980), entre 800 e 200 a.C., ocorreu um corte profundo na história, marcando o surgimento do homem moderno. Esse período, denominado "Tempo-Eixo", foi caracterizado pelo aparecimento de homens espirituais que buscavam convencer outros homens por meio da reflexão racional e da experiência. Durante esse tempo, emergiram as grandes religiões mundiais e, também, os grandes filósofos. Algumas figuras importantes desse período incluem: Confúcio (551 a.C.), na China; Buda, com Vedas (1500-1000 a.C.) e o Budismo (600 a.C.), na Índia; Zaratustra (628 a.C.), na Mesopotâmia; Platão (423 a.C.), Arquimedes (287 a.C.) e outros filósofos, na Grécia antiga, assim como os Profetas Jeremias (séc. VI a.C.), Isaías (séc. VII a.C.) e Elias (séc. IX a.C.), na Palestina.

Para além das questões religiosas, esses sábios elevaram a consciência humana ao proclamarem objetivos elevados para a vida. O recorte histórico, apontado por Jaspers (1980) como Tempo-Eixo, significou a passagem de uma visão extremamente mitológica para uma sapiência baseada na racionalidade, sabedoria, ainda que de natureza religiosa. Enquanto o mito não possui autor e não exige comprovação, a sabedoria tem um autor -o sábio - e se propõe como verdade, podendo ser aceita ou refutada.

Do grande lago das técnicas imemoriais (Figura 1) saem braços de rios independentes que representam a união das técnicas arcaicas com as sabedorias surgidas em cada uma das grandes culturas antigas: Egito, Mesopotâmia, Índia e China. Assim, poderíamos dizer, com algum grau de simplificação didática, que a fusão das técnicas mágico-míticas arcaicas com a sabedoria racional permitiu novas explicações para os fenômenos naturais e aqueles de transformação da matéria, dando origem à Alquimia.

Vale ressaltar que a Alquimia assim forjada, guardava ainda os procedimentos das técnicas arcaicas, mas já trazia um caráter universal novo, o despertar de uma nova consciência humana. No entanto, enquanto forma de saber, sua prática variava de acordo com as mentalidades e as circunstâncias históricas e geográficas de cada lugar, sendo influenciada pelas concepções de mundo de cada civilização referida acima (Vargas, apud Goldfarb, 2005). Passaremos agora a explorar cada um desses braços e as fontes de sabedoria alquímica que eles veiculavam.

## **Alquimia indiana**

Os sábios budistas aproximaram-se dos ferreiros, médicos arcaicos e mineiros para interpretar seus processos à luz da sabedoria budista. Como afirmado anteriormente, a alquimia na Índia surge de uma lenta interação entre as técnicas mágicas preexistentes e a filosofia budista. Assim,

“Na medicina tradicional indiana o tratamento para o rejuvenescimento era isolar o velho em um quarto escuro, para o regresso ao útero, transformação em embrião e um novo nascimento” (Goldfarb, 2005).

O historiador Mircea Eliade (1979) encontra semelhança entre o iogue que procura aperfeiçoar-se e o alquimista que procura purificar metais impuros. A partir dessa analogia, a alquimia indiana se configura tanto como prática corporal quanto espiritual, na qual o vaso alquímico é o próprio corpo do alquimista, passível de purificação e divinização.

As técnicas arcaicas indianas incluem a agricultura, a arquitetura, a metalurgia e a medicina. As bases filosóficas, espirituais e a própria sabedoria são os Vedas (1500 - 1006 a.C.) e o Budismo (surgido por volta de 606 a.C.). Os alquimistas indianos buscavam a transmutação dos metais e a cura de doenças. Dentre os nomes mais destacados da Alquimia Indiana estão Pantajali, Narahari, Yasodhara.

### **Alquimia Chinesa**

Na China, desde os tempos imemoriais, já se dominavam as técnicas de extração de metais, fundição de bronze, tecelagem e a medicina dos elixires, associadas às práticas míticas, ritualísticas e mágicas. No século VI a.C., aparece a sabedoria de Confúcio e no século III a.C. os ensinamentos de Lao Tse, fundador do Taoísmo. O conceito yin e yang, opostos complementares formadores do grande organismo universal, vai orientar e acompanhar a alquimia chinesa de muitas formas. De forma complementar, a sabedoria do Tao, que remonta às confrarias dos ferreiros, detentora das artes mágicas e segredos divinos, incorpora tanto as técnicas artesanais, quanto a dos curandeiros. Este conjunto dá origem a alquimia chinesa.

Os alquimistas chineses buscavam um elixir que curasse todos os males para alcançar a vida eterna. Sua visão de mundo baseava-se nos princípios cosmológicos tradicionais, quais sejam: elixir da longa vida, equilíbrio entre o humano e o universo e transmutação dos metais. Assim o alquimista não era apenas um artesão ou um mágico, mas também um sábio que compreendia os princípios que regem o cotidiano da vida prática e espiritual. Entre os alquimistas chineses conhecidos estão Ko Hung (284- 343d.c), e Pao-Po-Tsu, autor de livros que contém ensinamentos sobre medicamentos e substâncias mágicas. Segue um dos ensinamentos proposto por Chang Po Tuan, tido como o último alquimista chinês: “Se com esse ouro alquímico fazeis pratos e baixelas, e se comeis e bebeis nessa baixela, vida longa terá”. Muitos aspectos da alquimia árabe, descrita posteriormente, que influenciaram a alquimia europeia e a química moderna não seriam de origem grega, mas, possivelmente, chinesa (Maar, 1999).

### **Alquimia Mesopotâmica**

Na Mesopotâmia, surgiram os Medas, que deram origem aos Persas, e uma civilização mítica suméria, que se dispersou para a Babilônia e para a Assíria. No chamado Tempo Eixo, por volta do século VI a.C., emergiu a sabedoria de Zoroastro. A doutrina – que veio a ser denominada de Zoroastrismo, concebia uma divisão dualista do Universo: de um lado as forças do Bem, representadas por Ahura-Mazda, espírito da luz; e do outro, as forças do Mal, simbolizadas por Ahriman, o espírito das trevas.

Em 538 a.C., Ciro conquistou a Mesopotâmia e a subjugou ao poder Persa, impondo a sabedoria de Zoroastro a toda região. Neste contexto histórico irá surgir então uma alquimia que interpreta as técnicas mágico-míticas mesopotâmicas sob uma perspectiva sapiencial. Devido à proximidade com o Oriente, essa alquimia sofreu influências das tradições chinesa e indiana, ao mesmo tempo que também as influenciou. Vale ressaltar que, na mesopotâmia, as sabedorias do

Avesta e do Zoroastrismo incorporaram as técnicas arcaicas da agricultura, cerâmica, paleomatemática, astrologia, formando uma alquimia com características marcantes: o equilíbrio dos opostos, a transmutação dos metais, o culto e a importância do fogo nas artes alquímicas e, como nos interessa aqui, o surgimento das práticas de laboratório.

## **Alquimia Egípcia**

No Egito, antiga civilização que se formou às margens do rio Nilo, a alquimia se formou com a combinação das técnicas arcaicas nos campos da agricultura, cerâmica, medicina, mineração, metalurgia, arquitetura, astrologia, paleomatemática, mumificação, tintura de vidros, tecidos e cosméticos e uma literatura hermética. Este qualitativo, advém de Hermes Trismegisto, considerado o precursor da Alquimia. De seus escritos chegaram aos nossos dias livros e fragmentos de textos que permitem uma visão da sua obra. Ele é autor de um conjunto de livros como o *Corpus Hermeticum*, uma coleção de tratados que revelam que o cosmo se constitui como uma unidade cujas partes são interdependentes - um princípio fundamental da alquimia. Poemandres, ou “intelecto Supremo”, Hermes recebeu a promessa de salvação através da deificação, obtida a partir de uma revelação cosmológica em linguagem simbólica. Essa revelação, se compreendida, abriria as portas dos segredos da natureza e do universo, mas, para tanto, se exigia uma sabedoria Hermética sagrada e secreta (Goldfarb, 2005).

Em 525 a.C., Cambises, rei da Pérsia, anexou o Egito ao império Persa e impôs, o zoroastrismo. Por volta do ano 300 a.C., Alexandre, o Grande, reconquistou o Egito, promovendo uma fusão da cultura helenística com o caldeirão cultural Egípcio. Assim, as teorias alquímicas desta região sofreram influências de babilônios, egípcios, judeus, persas e gregos. Esse sincretismo floresceu em Alexandria entre os séculos III a.C. a III d.C., incorporando também o neoplatonismo grego. Os alquimistas de Alexandria utilizaram as teorias gregas da matéria para explicar as transformações metalúrgicas, incluindo os quatro elementos, o ritualismo, o trato com os segredos da natureza e um grande arsenal técnico.

Nesse período foram escritos muitos textos sobre a arte da alquimia, que combinavam práticas de metalurgia com ritos mágicos, mas com uma diferença crucial: fundamentado em uma justificativa cosmológica da transformação da matéria

O alquimista mais famoso dessa época foi Zózimo (300 d.C.). Ele foi influenciado por dois grandes predecessores: Maria, a Judia - inventora de aparelhos como o Banho Maria, o alambique de três bicos e dispositivos para sublimação e Demócrito - autor de Física e Mística, que fora discípulo do mago persa Ostanes. Maria introduziu práticas laboratoriais sensíveis e minuciosas, essenciais para a química que ainda estava para nascer, mas não necessárias para a metalurgia tradicional.

Zózimo, considerado como o primeiro filósofo alquimista, escreveu um tratado denominado *Cheirokmeta*. Ele buscava uma concordância entre a alquimia e as práticas anteriores, criando um corpo de conhecimento alquímico coeso. Em sonhos, teve a revelação de como produzir a pedra filosofal e a descreveu como uma substância capaz de transmutar metais em ouro. Para Zózimo, a alquimia era como uma técnica sagrada que tratava tanto da transmutação de metais como da encarnação e desencarnação de espíritos, realizados num ciclo de morte e ressurreição através de operações como: destilação, sublimação e coagulação em instrumentos melhorados e inventados por Maria, a Judia. Após Zózimo, a alquimia deixou de ser uma investigação prática da matéria, assumindo progressivamente uma conotação mística e intelectual. As práticas de laboratório

passaram a ser consideradas secundárias, e os alquimistas da época de Alexandria foram elevados como autoridades máximas e irrefutáveis. Zóximo, seguidor de Aristóteles, observou que após o aquecimento prolongado da água, parte dela se transformava em ar, enquanto outra parte se solidificava em uma terra branca. Isso reforçava a ideia da transmutação e da combustão, já que tudo que se queimava produzia cinza (terra) e ar. Essa visão sustentava a crença na transmutação de metais menos nobres em ouro (Maar, 1999).

Somente muitos séculos depois, com o florescimento da cultura árabe, a alquimia retomaria o seu papel como investigação prática dos mistérios da matéria, deixando de ser, apenas, um texto simbólico e filosófico. Em nossa Cartografia (Figura 1), podemos observar que após o “lago da Alexandria” se formam dois rios: um representando a Alquimia Árabe e outro representando a Alquimia Medieval.

### **Alquimia Medieval**

O fortalecimento do cristianismo após a queda do Império Romano opôs-se ao paganismo, levando ao esquecimento algumas artes, literatura, filosofia e a ciência dos antigos. Por isso a Idade Média, que durou aproximadamente mil anos, de 400 a 1453, é considerada a "Idade das Trevas", embora alguns historiadores tenham divergências sobre essas datas e sobre esta conotação.

Nesse período, a Alquimia Medieval era totalmente controlada pela Igreja de Roma e, portanto, as pesquisas só eram realizadas com o consentimento do Papa. Os textos clássicos desapareceram do ocidente, alguns pesquisadores dessa época eram religiosos, como Roger Bacon, que era frade. Curiosamente, é graças ao pedido de licença Papal para estudos que hoje temos alguns textos alquímicos enviados por Bacon para a autorização eclesiástica.

Quando os árabes conquistaram a Península Ibérica no século VIII, configurou-se o que entendemos por Alquimia Moura que, posteriormente, se expandiu por toda a Europa, formando a Alquimia Europeia. Esta última é particularmente interessante pois foi no âmbito desta que se constituiu o corpo teórico que possibilitou a mudança paradigmática da Alquimia para a Química Moderna.

### **Alquimia Árabe/Islâmica**

A segunda grande etapa da história da Alquimia é representada pela alquimia árabe, que floresceu do século VII ao século XIII (Maar, 1999). Após a morte de Maomé (632 d.C.), os árabes realizaram uma grande expansão geográfica e cultural, assimilando e traduzindo obras filosóficas e científicas dos sábios antigos. Eles fundaram centros de saber, observatórios e escolas, consolidando-se como guardiães do conhecimento clássico. Quando os árabes conquistaram a Pérsia e o Egito, no século VII, eles traduziram textos importantes como a Tábua das Esmeraldas, que se tornou uma obra fundamental para a alquimia moura. Os alquimistas árabes distinguiram o conteúdo protoquímico das interpretações sapienciais que lhes eram atribuídas. Como consequência, muitos deles adotaram uma abordagem mais experimental do que mística, o que contribuiu significativamente para o avanço da Protoquímica árabe e para o desenvolvimento da farmacopeia.

Há de se ressaltar, nesta perspectiva histórica, que a alquimia árabe não surgiu diretamente das técnicas arcaicas mágico-míticas de transformação da matéria, mas foi herdada pronta de

Alexandria. Embora os árabes fossem inicialmente incultos, não eram avessos ao conhecimento e assimilaram com facilidade a medicina e a alquimia. A civilização islâmica recebeu as mais antigas fontes do saber, mas a alquimia praticada no Islã não se limitou a essa herança. Parte dela foi desenvolvida pelos próprios árabes, com destaque para Jabir ibn Hayyan, considerado o primeiro alquimista islâmico, e Ar-Razi (ou Razes), um dos maiores nomes da medicina islâmica.

O hermetismo árabe enfatizou os temas práticos mais do que os filosófico-religiosos, diferentemente do Corpus Hermeticum. Na literatura hermética árabe, Hermes é retratado mais como um mago do que como um sábio.

### **Alquimia Europeia**

A alquimia se espalhou pela Europa até o século XV, atingindo seu apogeu no século XVII e extinguindo-se, lentamente, durante o século XVIII (Maar, 1999). Para contextualizar o período em relação ao desenvolvimento da ciência, podemos ressaltar que a ciência teve início na Europa a partir do século X. No século XII, no alvorecer do Renascimento, os europeus tiveram maior contato com a cultura árabe, principalmente através da Itália (via Sicília) e da Espanha. O auge da ciência moura ocorreu durante o reinado do califa Abd al-Rahman III, que criou centros onde se estudavam Aristóteles, Euclides, Ptolomeu, Zózimo, Maria, a Judia, Jabir e Razes. Toledo tornou-se um ponto de encontro de judeus, cristãos e árabes, e ali surgiu a Escola de Tradutores de Toledo, responsável por recuperar o conhecimento clássico helenístico a partir de textos árabes.

A alquimia Europeia, com sua tentativa de decifrar e manipular os segredos da matéria, foi uma etapa crucial para o desenvolvimento da Química Moderna. Ao misturar misticismo, filosofia e prática experimental, ela ajudou a abrir caminho para uma abordagem mais racional e empírica da natureza, mesmo que seus métodos fossem frequentemente envoltos em simbolismo e esoterismo. Dessa etapa, se destacam vários nomes que marcaram a história da alquimia, dos quais destacaremos alguns:

#### **Roger Bacon (1220-1292)**

Um dos principais nomes da alquimia Europeia é Roger Bacon, frade inglês que lecionou filosofia em Paris e Oxford com base no pensamento aristotélico-neoplatônico. Posteriormente, voltou-se integralmente a Aristóteles, defendendo que a alquimia prática era a mais importante das ciências. Bacon construiu seus próprios equipamentos e planejou experimentos sobre luz, lentes, espelhos, reflexão e refração. Sua contribuição mais importante foi a proposição de um caminho metodológico que unia o empirismo, experimentação e a lógica. Por essa razão, Bacon é considerado por muitos como o precursor da Revolução Científica dos séculos XVI e XVII. Sua ênfase na experimentação e lógica culminou no que veio a ser denominado de método científico, fundamental para a transição da alquimia para a ciência moderna (Maar, 1999).

#### **Paracelso (1493- 1541)**

"O padeiro é um alquimista quando assa o pão, o viticultor quando prepara o vinho, o tecelão quando faz o tecido. Portanto, tudo o que cresce na natureza e é útil ao homem, quem quer que o leve ao ponto em que pode ser usado, é um alquimista" (Paracelso, apud Maar, 1999).

Paracelso foi um alquimista de grande envergadura. Ele personificou a bipolaridade do alquimista, com um lado prático / empírico e outro simbólico, místico e hermético. Paracelso foi um dos primeiros a utilizar a balança em seus experimentos. Ele era médico, astrólogo, alquimista e mago. Esta formação eclética abriu caminho para o estudo empírico dos fenômenos químicos. Assim, embora ele acreditasse na transmutação da matéria, a sua atenção era mais voltada para o preparo de medicamentos do que na obtenção do ouro. Embora não tenha feito descobertas revolucionárias, ele é visto pelos historiadores da ciência como um precursor da abordagem investigativa mais quantitativa e moderna e, também, como o pai da farmacologia.

Paracelso modificou o pensamento alquimista fortalecendo o experimentalismo e uma racionalidade científica, no entanto, sua práxis ainda estava distante do que viria a ser a protoquímica e, posteriormente, a Química Moderna. Ele propôs a “*Tria prima*”: sal, mercúrio e enxofre, que não devem ser confundidos com as substâncias conhecidas hoje por esses nomes, mas, sim, como princípios fundamentais da matéria. Essa teoria contrastava com os quatro elementos de Aristóteles, marcando uma nova perspectiva na alquimia (Maar, 1999).

Ao observarmos a Paisagem Conceitual de nossa Cartografia Histórica, notamos que, por causa da importância dos metais nas culturas primitivas durante muitos séculos, as discussões e explicações teóricas giravam quase sempre sobre metalurgia e a transmutação dos metais. Hoje, sabemos que nas discussões sobre a constituição da matéria, o estado sólido dos metais pouco contribuiu. Mais tarde passamos por um período de valorização da iatroquímica. Porém, enquanto a busca da transmutação e do elixir vigorou carregada de mitos, espíritos e conhecimentos esotéricos, considerados verdades absolutas, a ciência, exemplificada aqui como Protoquímica, continuava acorrentada ao velho paradigma. Só quando os alquimistas iniciaram experimentos com gases, com a contribuição de Van Helmont (1580-1644), é que se abriu uma nova forma de construção do conhecimento, utilizando do instrumental técnico alquimista, mas entrecortado com novos instrumentos que se inventava para responder outras perguntas, tal como a combustão. Embora Paracelso tenha se interessado por este tema, ele atribuiu o fenômeno ao “princípio enxofre” e não ao mecanismo. Esta questão teria que esperar por uma nova abordagem, denominada aqui de Protoquímica, e, posteriormente, por um novo paradigma – a Química Moderna, que serão descritos nos próximos tópicos.

## **Protoquímica**

O grande marco da mudança de paradigma que levou à construção da Protoquímica nascente pode ser atribuído às explicações sobre a combustão. De acordo com Maar (1999), a nova teoria química centrou-se no problema da combustão e calcinação, tendo como ponto crucial a descoberta do oxigênio.

Desde os tempos de Alexandria, quando os alquimistas adotaram o modelo aristotélico dos quatro elementos, o fogo era considerado um elemento fundamental e parte integrante da constituição da matéria. No entanto, Paracelso iniciou uma mudança de concepção com a proposição da sua teoria baseada no princípio da “*tria prima*”, identificando o enxofre como o responsável pela combustão. Cientistas como Paracelso, Van Helmont, Boyle, Cavendish e Stahl foram figuras-chave nas pesquisas e descobertas que desconstruíram o modelo antigo e pavimentaram o caminho para uma nova compreensão da combustão e, portanto, da Química.

Assim, a mudança conceitual sobre a combustão e sua influência no trabalho de Lavoisier, que culminou na Revolução Científica e no surgimento da Química Moderna, remonta ao médico

e naturalista belga Jan Baptist Van Helmont, considerado o "pai da Química Pneumática". Antes de Van Helmont, os gases resultantes da combustão eram vistos como entidades transcendentais e imensuráveis, muitas vezes associados à "espíritos". Em 1620, Van Helmont, discípulo de Paracelso, adotou uma abordagem empírica, quantificando reagentes e produtos das reações de combustão. Ele observou que, ao queimar o carvão, apenas uma pequena fração se transformava em cinzas, enquanto a maior parte da matéria era convertida em algo que ele denominou de "gás silvestre" ( $\text{CO}_2$ ), distinguindo-o claramente do ar atmosférico. Esse foi o primeiro gás a ser estudado sistematicamente pelos Protoquímicos. Van Helmont também defendia que a teoria dos quatro elementos de Aristóteles estava equivocada. Ele acreditava que Deus não revelaria a verdade aos pagãos e, portanto, propôs que a matéria era composta por somente dois princípios fundamentais: o ar e a água. Segundo ele, a água contém "sementes específicas" responsáveis pela formação de cada tipo de matéria.

### **A Quase Descoberta do Oxigênio pelo Grupo de Oxford**

O século XVII marcou o nascimento da Química como ciência independente. De acordo com Maar (1999), esse avanço foi impulsionado pela convergência de três fatores: (1) a prática da alquimia, que forneceu materiais, equipamentos e procedimentos experimentais; (2) a filosofia natural, que buscava compreender os princípios do mundo material a partir de explicações racionais cada vez mais elaboradas sobre os fenômenos observáveis; e (3) o surgimento de condutas que passaram a acompanhar a ciência, como um todo, e a Química, em particular, como a publicação de livros-texto, organização de dados empíricos, referências literárias especializadas e o ensino universitário da disciplina. Além disso, invenções como o microscópio, a luneta, os estudos sobre a refração da luz, o termômetro e a descoberta do vácuo influenciaram profundamente o desenvolvimento da Química.

Nesse período histórico, os pesquisadores buscavam uma teoria geral que pudesse explicar fenômenos diversos, como a respiração, a combustão, a calcinação e a fermentação. Essas explicações estavam intrinsecamente ligadas à estrutura da matéria e suas transformações, tornando impossível compreender tais fenômenos com base na teoria dos quatro elementos de Aristóteles. Segundo Maar (1999), Robert Boyle (1627-1691) foi o químico mais importante do século XVII. Alguns historiadores consideram a publicação de seu livro "O Químico Cético" como um marco em direção ao nascimento da Química Moderna. Nele, Boyle analisa e discute racionalmente a utilidade das teorias da constituição da matéria propostas por Empédocles, Paracelso e Van Helmont. Com base em dados empíricos, ele demonstra que os chamados "princípios" são, na verdade, elementos: corpos perfeitamente puros, primitivos e simples. Um exemplo notável é sua crítica aos conceitos de ácidos e álcalis como princípios constituintes antagônicos da matéria. Boyle propôs a seguinte reflexão: se o cobre reage com água-forte ( $\text{HNO}_3$ ) e se dissolve, sendo considerado um álcali destruído pelo ácido, como explicar que o cobre também é dissolvido pelo "espírito da urina" ( $\text{NH}_3$  ou  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ), uma substância alcalina? Como o cobre poderia ser alcalino e participar de ambas as reações? Hoje sabemos que, no segundo caso, forma-se um complexo de diamino-cobre no processo da reação (Maar, 1999, p. 352). Boyle, um homem profundamente religioso, acreditava que a natureza funcionava como um "mecanismo de relógio", criado e mantido em funcionamento por Deus. Sua teoria do mecanicismo químico, baseada na teoria corpuscular da matéria, buscava explicar as transformações da matéria por meio

do movimento das partículas. Suas experiências empíricas com gases resultaram na famosa Lei de Boyle ( $P \times V = \text{constante}$ , se  $T = \text{constante}$ ).

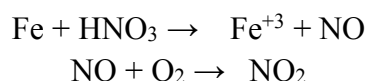
Em Oxford, um grupo de cientistas conhecidos como os "Químicos de Oxford", seguidores de Boyle, dedicou-se ao estudo do ar e da combustão, criando a base teórica que gradualmente levou à quase descoberta do oxigênio. No Quadro I, abaixo, de autoria de Maar (1999), é possível observar um resumo do trabalho dos ingleses sobre a combustão. No entanto, seus estudos não foram suficientes para causar a revolução química que a descoberta do oxigênio e seu papel nas combustões proporcionariam posteriormente. Apesar de seus dados empíricos e pesquisas inovadoras, ainda havia uma forte herança dos ferreiros e alquimistas em seus métodos e interpretações.

**Quadro I - A evolução conceitual do fenômeno da combustão**

Autor	Processo	Provoca a queima	O que queima
Robert Hooke (1665)	Dissolução	Salitre (ou um princípio nele presente)	Compostos "sulfurados"
Thomas Willis (1671)	Combinação	<i>Pabulum nitrosum</i>	Partículas "sulfuradas"
John Mayow (1674)	Reação	Espírito Nitrado 25% do ar	Partículas "sulfuradas"
Atualmente	Reação	O <sub>2</sub> do ar comburente	Materiais combustíveis

Fonte: (Maar, 1999, p. 467)

No Quadro 1, acima, é importante fazer um destaque sobre as pesquisas de John Mayow (1674), posto que elas poderiam ter antecipado a descoberta do oxigênio em cerca de 100 anos. Entre os químicos de Oxford, Mayow foi quem melhor compreendeu o papel do ar na respiração e na combustão, chegando muito perto da descoberta do oxigênio. Ele analisou o ar e constatou que 25% de seu volume era composto por "espírito nitroso". Em um experimento, ele reagiu bolas de ferro com ácido nítrico em um recipiente fechado contendo ar, e observou que a reação consumia um quarto do volume do ar, fração correspondente ao seu "espírito nitroso". Hoje sabemos que a reação ocorre de acordo com as equações abaixo (não balanceadas) e que a fração do ar consumida era de oxigênio:



No entanto, as respostas dos químicos ingleses da época sobre o que queimava — como as "partículas sulfurosas" — ainda estavam enraizadas na pré-história, passando pela alquimia de Paracelso, com seu "princípio sulfuroso", e culminando no flogístico de Georg Ernst Stahl (1660-1734).

## **A Teoria do Flogístico**

Em 1664, o alemão Johann Joachim Becher (1635-1682) apresentou uma nova visão sobre os elementos, diferenciando-se de Aristóteles e seus seguidores. Ele propôs que os verdadeiros elementos eram a terra e a água, identificando três tipos de terras: “terra vitrescível”, “terra pinguis” e “terra fluida”. A “terra pinguis” estava ligada à combustão, pois desaparecia durante o processo. George Stahl, seguidor de Becher, aprimorou essa teoria ao associar a “terra pinguis” ao princípio sulfuroso de Paracelso, introduzindo o conceito de flogístico — uma substância responsável pela combustão, presente em todas as substâncias combustíveis. Stahl propôs que, ao queimar, a substância perdia flogístico, explicando assim a combustão. Embora essa teoria explicasse muitas observações, ela apresentava uma contradição interna: a combustão de materiais orgânicos resultava em resíduos mais leves, mas a calcinação de metais, gerava resíduos mais pesados. Para justificar isso, Stahl argumentou que o flogístico era leve e, ao escapar, deixava o corpo mais pesado. A teoria do flogístico dominou o pensamento químico no século XVIII, sendo considerada uma explicação plausível para a combustão.

Até o século XVII, os pesquisadores que lidavam com o oxigênio, conheciam várias de suas propriedades físico-químicas, mas não conseguiam se desprender das amarras de uma teoria já estabelecida, mesmo diante de anomalias inexplicáveis. Essa viseira conceitual, comum em diversas áreas do conhecimento, atrasou a evolução científica por séculos.

Quando os erros se acumulam assim, só há uma solução para restaurar a ordem à faculdade do pensamento: esquecer tudo que aprendemos, retroceder nossas ideias até a origem, seguir a série em que elas surgem e [...] remodelar a compreensão humana.

(Condillac, apud Beel, 2007. P. 134)

## **A Teoria do Oxigênio e a Fundação da Química Moderna**

O século XVIII foi marcado por grandes descobertas em todas as áreas do conhecimento e pelo nascimento de uma nova forma de abordar os segredos da natureza: a ciência moderna. Na química, o marco histórico dessa mudança paradigmática foi a substituição do pensamento alquímico e hermético, baseado na teoria aristotélica, pela Química Moderna — uma ciência mais racional, quantitativa, codificada e aberta ao ensino e à pesquisa. O marco específico dessa mudança foi a publicação do livro “Tratado Elementar de Química”, de Antoine Laurent de Lavoisier (1789). O referido autor era filho de uma família abastada e teve acesso a uma educação privilegiada. Formado em Direito, mas apaixonado por ciências, tornou-se membro da Academia Francesa de Ciências aos 25 anos. Estudou química com Guillaume François Rouelle (1703-1770) e aprofundou-se em matemática, botânica, geologia, meteorologia, fisiologia e anatomia. Viveu em um período de intensa mudança na França revolucionária. Apesar de colaborar com a Revolução, sua participação na “*Ferme Générale*” (um odiado órgão coletor de impostos) levou à sua prisão e condenação à morte. Embora Lavoisier não tenha sido o único praticante dessa nova abordagem, sua contribuição científica, engenhosidade técnica, articulação política, posição social de destaque e, principalmente, seu poder de síntese, ao propor uma teoria generalizante, fizeram dele o protagonista da nova ciência que surgia – a Química Moderna.

## Principais Contribuições de Lavoisier

Vários contemporâneos de Lavoisier, mesmo acreditando no flogístico, produziram resultados importantes para a nova interpretação e formulação da teoria de Lavoisier. Estas contribuições estão sintetizadas no Quadro II, logo abaixo

Quadro II - Contribuições para a formulação da Teoria do Oxigênio

Cientista	Descoberta/ Invenção
Stephen Hales (1677 – 1761)	Inventou uma cuba para recolher gases.
Joseph Black (1728 – 1799)	Isolou o gás carbônico, que chamou de "ar fixo".
Daniel Rutherford (1749 -1819)	Observou que animais morriam na presença de CO <sub>2</sub> ; isolou o nitrogênio, mas não reconheceu que era um novo gás.
Henry Cavendish (1731–1810)	Isolou o hidrogênio, que chamava de "ar inflamável"; notou que a combustão do hidrogênio produzia água.
Joseph Priestley (1733 – 1804)	Melhorou a cuba coletora de Hales, usando mercúrio no lugar de água; descobriu dez novos gases; produziu oxigênio com salitre e óxido de mercúrio; chamou o oxigênio de "ar desflogisticado".

Elaborado pelo primeiro autor

## A Teoria do Oxigênio

Lavoisier, com base em suas pesquisas, explicou racionalmente o processo de combustão. Diferente da "velha escola" (Paracelso, Becher, Stahl e Priestley), Lavoisier negou a existência de qualquer espírito ou princípio oculto. Ele identificou o "princípio sulfuroso" de Paracelso que Priestley chamava de "ar desflogisticado" como responsável pelas reações químicas, nomeando-o de oxigênio. Com o auxílio da balança, Lavoisier demonstrou, de forma racional e quantitativa, a sua Teoria da Combustão pelo oxigênio, apontada por Kuhn (1991) como uma ruptura paradigmática ou, na sua nomenclatura, uma verdadeira revolução química ou, ainda, um exemplo de revolução científica.

“O que Lavoisier anunciou em seus trabalhos posteriores a 1777 não foi tanto a descoberta do oxigênio, mas a teoria da combustão pelo oxigênio, que se tornou a pedra angular de uma reformulação tão ampla da química que veio a ser chamada de Revolução Química” (Kuhn, 1991, p. 82).

Lavoisier não descobriu o oxigênio, mas foi quem melhor compreendeu seu papel nas combustões e calcinações e quem melhor sistematizou as reações envolvidas. Suas teorias foram construídas passo a passo em numerosas “*Mémories*” da Academia, com a execução de experimentos e aproveitamento de descobertas de terceiros. Ele fez um experimento usando a cuba de Hales, com o mercúrio no lugar da água, como Priestley havia feito anteriormente. Assim, ele queimou fósforo dentro da cuba, muitos já tinham estudado a combustão do fósforo e, da mesma forma como já havia sido observado por Mayow, uma parte do ar era consumido na queima do fósforo. A novidade não estava somente no experimento, mas na explicação dele, a partir de uma nova nomenclatura e uma nova interpretação.

## Nomenclatura Química

A tradição hermética da alquimia tornava os registros praticamente incompreensíveis, pois cada alquimista representava suas descobertas de forma quase pessoal. Durante e depois do Renascimento, os alquimistas passaram a usar desenhos (lâminas) para representar os procedimentos. Assim, na Figura 2, podemos observar um homem que representa Hermes Trismegisto, uma águia que representa o mercúrio e a sua volatilidade e um sapo representando o enxofre, descreve a “dissolução e a coagulação” do mercúrio e do enxofre, completamente ininteligível para nós. A lâmina da figura 2 faz parte do livro *Viridarium Chymicum*, (figura 3) de autoria de um Alquimista alemão - D. Stolcius Von Stolcenberg (1600 – 1660), publicada em 1624, essa imagem pode ser encontrada na revista “[www.fraternidadrosacruzdecolombia.org](http://www.fraternidadrosacruzdecolombia.org)” - um movimento filosófico/esotérico e também, no livro *El Museo Hermético, Alquimia e Mística* de Alexander Roob (2011, p.27). Hoje a Alquimia é muito usada por esotéricos e místicos.

Figura 2



Figura 3



No século XVIII, a nomenclatura química já não era tão arbitrária, mas um mesmo nome podia designar substâncias diferentes, trazendo informações sobre qualidades (como *aqua fortis*) ou derivando de termos astrológicos (como "cáustico lunar" para  $\text{AgNO}_3$ ) ou nomes de pessoas (como "sal de Glauber").

Uma equipe composta por Lavoisier, Guyton, Bertollet, entre outros, buscou uma nomenclatura e simbologia menos confusa, que denotasse a composição química de cada substância. Em 1787, a comissão publicou o “*Méthode de Nomenclature Chimique*”, essencialmente em uso até hoje.

## **Legado de Lavoisier**

Com suas pesquisas, Lavoisier colocou uma pá de cal na teoria dos quatro elementos de Aristóteles, nos "princípios e espíritos", no princípio do flogístico e na transmutação água-terra, preparando o terreno para novas teorias como o modelo atômico de John Dalton (1808). Dalton afirmou: "Combinações químicas são um reagrupamento de átomos, sem que isso implique qualquer transformação dos mesmos", confirmando a lei da conservação das massas de Lavoisier (1777). As descobertas de Lavoisier são as bases para a construção de praticamente todo o conhecimento químico moderno. Em uma carta datada de 2 de fevereiro de 1790, endereçada a Benjamin Franklin, Lavoisier chama atenção sobre as viseiras conceituais que impedem os avanços da ciência. Assim, escreveu ele:

“Parece-me que a Química, apresentada dessa maneira é infinitamente mais fácil do que era antes. Os jovens, cujas cabeças não estão preocupadas com outros sistemas, abraçam-na avidamente, mas os químicos da velha guarda irão rejeita-la, e a maioria deles tem maiores dificuldades em abraça-la e entendê-la do que aqueles que nunca estudaram Química” (Lavoisier, 1790, apud Maar 1999, p. 722)

## **Conclusão**

Este artigo buscou traçar uma Cartografia Histórica da Química, desde as técnicas arcaicas de transformação da matéria até a fundação da Química Moderna, com a Teoria da combustão pelo oxigênio, proposta por Lavoisier. Ao percorrer um longo caminho do conhecimento e observar pela paisagem conceitual de nossa Cartografia Histórica, evidenciou-se que a evolução do conhecimento químico foi marcada por uma transição gradual de práticas mágico-míticas dos primeiros ferreiros, passando por saltos qualitativos para se alcançar um novo patamar de natureza mais simbólica, espiritual e hermética, conhecido como Alquimia, até se alcançar a grande ruptura conceitual representada pela Teoria da Combustão pelo oxigênio e, com ela, o nascimento da Química Moderna, ressaltando o legado de seu principal protagonista – Antoine Lavoisier.

A análise histórica permitiu compreender como os desafios educacionais contemporâneos - falta de contextualização, domínio conceitual e ludicidade no ensino de química — podem ser superados ao se adotar uma abordagem que integre a história da ciência ao currículo. Assim, a Cartografia Histórica proposta neste artigo não apenas reconstruiu o percurso da química, mas também destacou a importância de se entender a ciência como um processo dinâmico e em constante evolução, influenciado por contextos culturais, filosóficos e sociais.

A ruptura paradigmática promovida por Lavoisier, com a Teoria do Oxigênio, representou um marco fundamental na história da Química, consolidando-a como uma ciência independente e metodologicamente rigorosa. No entanto, essa revolução só foi possível graças às contribuições acumuladas ao longo de séculos, desde os ferreiros e alquimistas até os protoquímicos que desafiaram as visões estabelecidas. Lavoisier não apenas sintetizou essas descobertas, mas também contribuiu para o estabelecimento de uma nova nomenclatura e metodologia que permanecem como pilares da Química Moderna.

Este artigo aponta para a importância de se ensinar química a partir de uma perspectiva histórica, contextualizada, que permita aos estudantes compreender a ciência como uma construção humana, repleta de erros, acertos e revoluções. Ao reconhecer a Química como um campo em constante transformação, os educadores podem inspirar nos alunos uma visão mais crítica e engajada, preparando-os não apenas para dominar conceitos, mas também para questionar e contribuir com o avanço do conhecimento científico. Assim, a Cartografia Histórica aqui proposta serve como uma ferramenta valiosa para o ensino de Química, conectando passado, presente e futuro em uma narrativa lúdica, que valoriza a ciência como uma jornada humana de formulações conceituais, experimentos e de descobertas.

## **Bibliografia**

- ALVAREZ, J.; PASSOS, E. Cartografar é habitar um território existencial. In: PASSOS, E.; KASTRUP, V.; ESCÓSSIA, L. da (Org.). Pistas do método da cartografia: pesquisa- intervenção e produção de subjetividade., Porto Alegre: Sulina, p. 131-149, 2009.
- ALFONSO-GOLDFARB, A. M. Da Alquimia à Química: Um estudo sobre a passagem do pensamento mágico-vitalista ao mecanismo. São Paulo: Landy Editora, 2005.
- ANDRADE, L. A. B. Conhecimento é caminho: da metáfora ao mecanismo gerativo. Ciências & Cognição, Vol. 23(1) 117-137, ISSN 1806-5821, 2018, Disponível em: [http://www.cienciasecognicao.org/revista/index.php/cec/article/view/1462/pdf\\_107](http://www.cienciasecognicao.org/revista/index.php/cec/article/view/1462/pdf_107), acessado em 7/5/2023.
- ANDRADE, L. A. B. Paisagem Conceitual: construção teórica e sua utilização na educação. RevistALEPH V. Nº 32, p.178-199, ISSN 1807-6211, 2019. *Home page*: <https://periodicos.uff.br/revistaleph/article/view/39313/22750>
- BELL, M. S. Lavoisier no Ano Um: Nascimento de uma nova ciência numa era de revolução. São Paulo: Companhia das Letras, 2007.
- ELIADE, M. Ferreiros e Alquimistas, Rio de Janeiro, Zahar Editores, 1979.
- JASPERS, K. Origen y meta de la História. Madrid: Alianza Editorial, 1980.
- KUHN, T. A Estrutura das Revoluções Científicas. São Paulo: Perspectiva, 1991.
- LAVOISIER, A.L. Tratado elementar de química. São Paulo: Madras, 2007
- MAAR, J. H. Pequena História da Química. Florianópolis: Papa Livros, 1999.
- PASSOS, E.; BARROS, R. B. A cartografia como método de pesquisa-intervenção. In: PASSOS, E.; KASTRUP, V.; ESCÓSSIA, L. da (Org.). Pistas do método da cartografia: pesquisa-intervenção e produção de subjetividade. Porto Alegre: Sulina, 2009. p. 17-31.
- ROOB, A. El Museo Hermético, Alquimia & Mística. Colônia: Editora Taschen, 2011.
- SAUER, C.O. A morfologia da paisagem (1925). In: Paisagem, Tempo e Cultura. Correa, R.L.; Rosendahl, Z. (orgs.). Rio de Janeiro: EDUERJ, 1998.
- VARELA, F. Conhecer as Ciências Cognitivas. Tendências e perspectivas, Editora Instituto Piaget, 1994. ISBN-10: 9729295506
- VARGAS, M. Verdade e ciência. São Paulo: Livraria Duas cidades, 1981  
-<https://archive.org/details/sobre-os-misterios-egipcios-jamblico/page/n29/mode/2up?view=theater>, acessado em 28/01/2025.  
[https://www.innergarden.org/artwork/viridarium\\_chymicum.php](https://www.innergarden.org/artwork/viridarium_chymicum.php)  
[www.fraternidadrosacruzdecolombia.org](http://www.fraternidadrosacruzdecolombia.org)

Na sequência, apresentamos o Artigo 2, publicado em 03/12/2025 na Revista Observatório, (classificada como *Qualis A2* da CAPES). Este artigo analisa o fenômeno da desinformação e das *fake news* a partir de uma perspectiva histórica, epistemológica e educacional. Partindo de episódios clássicos da ciência — como os persistentes relatos sobre os “espelhos ardentes” de Arquimedes — o texto demonstra como narrativas imprecisas, simplificadas ou mitificadas atravessam séculos e continuam presentes em livros didáticos, práticas escolares, materiais de divulgação e experimentos amplamente difundidos.

Ao evidenciar que a desinformação científica não é um fenômeno recente, mas um processo histórico que se renova conforme contextos culturais e interesses sociais, o artigo estabelece um diálogo direto com o campo da educação. Argumenta-se que combater *fake news* não se restringe à correção de erros factuais: implica promover uma educação científica crítica, que valorize a historicidade dos conceitos, o questionamento das fontes e a compreensão da ciência como construção humana, situada e dinâmica.

Integrando história, epistemologia e ensino de ciências, o trabalho defende a importância de práticas pedagógicas que fomentem a leitura crítica, o pensamento investigativo e a formação de sujeitos capazes de interpretar, contextualizar e problematizar informações em uma sociedade permeada pela desinformação. Assim, o artigo contribui para ampliar o debate sobre o papel da educação na construção de uma cultura científica sólida, consciente e socialmente comprometida.

## **ARTIGO 2 – REFLEXÕES SOBRE DESINFORMAÇÃO E FAKENEWS A PARTIR DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA: LIÇÕES DE ARQUIMEDES E LAVOISIER**

Nelson dos Santos Moreira

Luiz Antônio Botelho Andrade

Publicado: Revista Observatório, [S.I.], V1, n.1, p. a 27, DOI: 10.20873/uft.2447-4266. Em 03/12/2025

### **RESUMO:**

Este artigo tem como objetivo analisar o fenômeno contemporâneo da desinformação e das *fake news* a partir de lições extraídas da história da ciência, especificamente dos episódios dos “espelhos ardentes” de Arquimedes e da passagem da alquimia para a química moderna, com o trabalho liderado por Lavoisier. A metodologia consiste em uma análise histórica e epistemológica, utilizando a dialética como ferramenta para compreender a superação de paradigmas. O estudo do caso dos espelhos ardentes revela como narrativas podem perdurar independentemente de sua veracidade factual, funcionando como metáfora para as *fakes news* que se alimentam de fragmentos de verdade. Já a análise da transição da alquimia para a química moderna demonstra como sistemas de crenças coesos podem resistir a anomalias por longos períodos, à semelhança do negacionismo científico atual. Conclui-se que o combate à desinformação não reside na mera correção de fatos, mas na promoção de uma educação crítica e de uma popularização da ciência comprometida “para quem te quero”. Com ambas enfatizando o processo dialético de construção do conhecimento – suas incertezas, contradições e capacidade de autocorreção. Dessa forma, defende-se que iniciativas como o “Programa Mais Ciência na Escola” e uma popularização da ciência comprometida com as causas populares, são fundamentais para formar uma sociedade capaz de pensar de forma histórica, sistêmica e crítica.

**Palavras-chave:** Desinformação. Fake News. História da Ciência. Epistemologia. Ensino de Ciências e popularização da ciência.

**ABSTRACT:**

This article aims to analyze the contemporary phenomenon of disinformation and fake news through lessons drawn from the history of science, specifically from the episodes of Archimedes' "burning mirrors" and the transition from alchemy to modern chemistry, led by the work of Lavoisier. The methodology consists of a historical and epistemological analysis, using dialectics as a tool to understand the overcoming of paradigms. The study of the burning mirrors case reveals how narratives can persist regardless of their factual veracity, serving as a metaphor for fake news that feed on fragments of truth. The analysis of the transition from alchemy to modern chemistry demonstrates how cohesive belief systems can resist anomalies for long periods, similar to contemporary scientific denialism. It is concluded that combating disinformation does not lie in the mere correction of facts, but in the promotion of critical education and a form of science popularization that is committed to its social purpose – "para quem te quero" ("who do I want you for"). Both must emphasize the dialectical process of knowledge construction – its uncertainties, contradictions, and self-correcting capacity. Thus, it is argued that initiatives such as the "Mais Ciência na Escola" Program and a science popularization committed to popular causes are fundamental to forming a society capable of thinking historically, systemically, and critically.

**Keywords:** Disinformation. Fake News. History of Science. Epistemology. Science Education and Science Popularization.

**RESUMEN:**

Este artículo tiene como objetivo analizar el fenómeno contemporáneo de la desinformación y las noticias falsas a partir de lecciones extraídas de la historia de la ciencia, específicamente de los episodios de los "espejos ardientes" de Arquímedes y el tránsito de la alquimia a la química moderna, con el trabajo liderado por Lavoisier. La metodología consiste en un análisis histórico y epistemológico, utilizando la dialéctica como herramienta para comprender la superación de paradigmas. El estudio del caso de los espejos ardientes revela cómo las narrativas pueden perdurar independientemente de su veracidad factual, funcionando como metáfora de las noticias falsas que se alimentan de fragmentos de verdad. Por su parte, el análisis de la transición de la alquimia a la química moderna demuestra cómo los sistemas de creencias cohesivos pueden resistir a las anomalías durante largos períodos, de manera similar al negacionismo científico actual. Se concluye que el combate a la desinformación no reside en la mera corrección de hechos, sino en la promoción de una educación crítica y de una popularización de la ciencia comprometida "para quien te quiero". Ambas deben enfatizar el proceso dialéctico de construcción del conocimiento: sus incertidumbres, contradicciones y capacidad de autocorrección. De esta forma, se defiende que iniciativas como el "Programa Mais Ciência na Escola" y una popularización de la ciencia comprometida con las causas populares son fundamentales para formar una sociedad capaz de pensar de forma histórica, sistémica y crítica.

**Palabras clave:** Desinformación. Noticias Falsas. Historia de la Ciencia. Epistemología. Enseñanza de las Ciencias y Popularización de la Ciencia.

## **Introdução**

A desinformação, em sua forma contemporânea, tem assumido um perfil marcadamente midiático, propagado pelas mídias sociais com bastante intensidade (Carvalho; Teixeira, 2024; Souza; Pôrto Jr., 2024; Silva; Silva, 2024). Sua disseminação pelas plataformas digitais tem produzido impactos profundos e, muitas vezes, negativos: guerras, golpes de Estado, manipulação da opinião pública, discursos de ódio, dentre outros. Governos democráticos, atentos a esse cenário, intensificam o debate sobre regulamentação e sobre os limites legais da liberdade de expressão (Pôrto Jr. et al., 2024).

Um exemplo é a Rede Nacional de Combate à Desinformação que reúne mais de 200 instituições e desenvolveu projetos como o SERICS/SPOKE 2, sediado na Universidade de Salerno, na Itália. Trata-se de um programa multinacional, que integra diferentes países e busca contribuir tanto com a investigação científica quanto com a inovação tecnológica no combate à desinformação (Guazina; Amoretti, 2024).

Apesar do caráter midiático que a desinformação assume em nossos dias, a mentira é uma estratégia de autopreservação usada desde a Antiguidade. Como afirmou Maquiavel, “em certas situações fingir, omitir ou até mentir pode ser uma defesa legítima” (Maquiavel, 2010). Se a mentira é, muitas vezes, usada nas relações humanas para ludibriar ou se auto preservar, na ciência ela não é tolerada. Isto não quer dizer que tudo que é, ou que já foi publicado é um atestado de verdade. A ciência é uma prática social, realizada por seres humanos e, portanto, sujeita aos equívocos metodológicos e de interpretação. Assim, a ciência tolera o equívoco e tenta corrigi-lo no processo de sua construção, mas rejeita, intransigentemente, a mentira. É nesse sentido que a história da ciência pode nos ensinar algumas lições para lidar com a mentira, desinformação e Fakenews, que tanto nos comprometem na atualidade.

Ainda que a busca da verdade e da objetividade tenham sido recomendadas para o fazer da ciência, tanto uma quanto a outra vem sendo questionadas pela filósofos, pelas ciências humanas (Kuhn,1991; Santos, 2014) assim como pelo arcabouço teórico da Biologia do Conhecer (Maturana, 1997; Maturana; Varela, 1995; Varela et al. 2003). Assim, ao observarmos como os paradigmas são construídos, desconstruídos e reconstruídos ao longo dos séculos, compreendemos melhor os percalços, as rupturas paradigmáticas e os avanços sofridos em todas as áreas das ciências (Kuhn,1991).

A partir deste primeiro posicionamento, nosso objetivo é aprender com as lições da história da ciência, especialmente com Arquimedes (Sec. III a.C.) e Lavoisier (Sec. XVIII), observando

como a ciência enfrentou incertezas e equívocos e como tais enfrentamentos podem nos inspirar na atualidade para o combate à desinformação. Para tanto, tomaremos como exemplo duas passagens da história da ciência, denominadas aqui de Lições, uma na passagem da Alquimia para a Química Moderna (Maar, 1999) e outra analisada por Pierre Thuillier, no livro *De Arquimedes a Einstein – A face oculta da invenção científica* (1994).

### **Episódio 1 - O Flogístico e as lições epistemológicas derivadas da Teoria do oxigênio de Lavoisier**

A Teoria da Combustão é considerada um primor da metodologia científica por explicar o fenômeno mais impactante da história humana – o fogo (Maar, 1999). Desde os homínidos que o utilizavam em vários momentos do cotidiano, especialmente na proteção do abrigo e na preparação de alimentos, até a mais abstrata e bela reflexão filosófica e poética, realizada pelo Bachelard noturno ao descrever a queima de uma vela (Bachelard, 1989), posto que o fogo sempre nos encantou.

Dito isto, passaremos agora à análise histórica-epistemológica da construção dos conceitos que levaram à Teoria da Combustão, que marcou o surgimento da Química Moderna.

O nosso recorte do problema pode ser iniciado com o alquimista Paracelso (1493–1541) que acreditava que o “princípio sulfuroso” era responsável pela combustibilidade dos materiais. Becher (1635-1682), discípulo de Paracelso, acreditava que existiam três tipos de terras: *vitrificável*, *mercurial* e *pinguis*, sendo que a última estaria relacionada à combustão. Na esteira desta ideia, George Sthal (1660-1734), discípulo de Becher, aperfeiçoou este postulado identificando a terra pinguis como uma terra gordurosa, oleosa e combustível, à semelhança do princípio sulfuroso de Paracelso. Ela seria responsável pelo poder de combustão das substâncias. Este princípio foi denominado posteriormente por Sthal de “flogístico” ou “o princípio do fogo”. O termo flogístico vem do grego, *phlogiston*, que significa inflamar-se. Há de se ressaltar que não se trata do fogo, em ato, mas em potência. Ou seja, toda substância que pode entrar em combustão contém flogístico. Decorre deste argumento que quando uma substância pega fogo ela perde o flogístico (Bell, 2007).

Embora a ‘teoria’ do flogístico de Stahl explicasse grande parte das observações empíricas sobre combustão, surgiu uma importante contradição quando os reagentes eram quantificados. Assim, em algumas reações observava-se ganho ou perda de massa e isto não se ajustava ao modelo. A combustão de compostos orgânicos, por exemplo, produz resíduos cuja massa é menor

que a da substância queimada — como no caso de uma vela. A diminuição da massa era atribuída à liberação do flogístico. No entanto, na calcinação dos metais, o fenômeno era oposto: a massa da cal formada (o óxido metálico) é maior que a massa do metal original. Na queima do magnésio metálico, por exemplo, o óxido resultante possui massa superior à do magnésio inicialmente presente. Esse ganho de massa não podia ser explicado pela teoria do flogístico, revelando uma inconsistência fundamental que posteriormente abriria caminho para as interpretações de Lavoisier (Maar, 1999).

Como explicar a observação anômala, segundo designação de Thomas Kuhn (1991), na qual os resíduos ganham massa durante a reação, ao invés de perder? Esta contradição era uma anomalia para o paradigma dominante da época. Vale ressaltar que o paradigma do flogístico sobreviveu por cerca de 100 anos, mesmo depois da Teoria do Oxigênio. Aqui colocamos uma questão que nos interessa discutir neste artigo, qual seja, até os cientistas treinados e seguidores de um raciocínio metódico permaneceram por um século com a crença na existência de um princípio do fogo – flogístico - o que esperar de pessoas leigas, sem treinamento, movidas por crenças e explicações transcendentais? Este é o problema que nos acomete hoje, na contemporaneidade, com o negacionismo em alta devido ao bombardeio emocional diário de desinformações, *Fake News* e teorias conspiratórias. Esta questão será discutida em outro tópico deste texto.

Dando continuidade ao episódio 1, descreveremos o embate travado pelos cientistas em face dos resultados e argumentos produzidos sobre o mesmo, no curso da história.

Para explicar o aumento da massa dos produtos da calcinação, argumentava-se que o flogístico, enquanto princípio de leveza, podia, em certas ocasiões, escapar para o etéreo, deixando o corpo mais pesado, ou seja, o óxido - produto da calcinação. Os dados e observações advindas da metalurgia favoreciam a crença no flogístico, enquanto princípio explicativo. Como? Ao adicionar carvão (rico em flogístico) ao óxido do metal, obtinha-se metal puro. Seguindo esta lógica, de acordo com o princípio do flogístico, o Óxido de Magnésio, tomado como exemplo, quando aquecido na presença do carvão, absorveria o flogístico e, assim, se transformaria no metal puro (vide reações de calcinação e aplicação metalúrgica, nos Quadros 4 e 5). É importante comparar as reações concebidas por Sthal com as que foram demonstradas por Lavoisier, mantidas e aceitas na atualidade, com base na Teoria do Oxigênio.

Quadro 3- Calcinação

Stahl	$\text{Metal} \xrightarrow{\text{Calor}} \text{Calx} + \text{Flogístico}$ (decomposição)
Hoje	$\text{Metal} + \text{oxigênio} \rightarrow \text{óxido do metal}$ $2 \text{Mg}_{(s)} + \text{O}_{2(g)} \rightarrow 2 \text{MgO}_{(s)}$ (adição)

Fonte: Autores, baseado em Maar (1999), com ligeiras adaptações

Quadro 4- Metalurgia / siderurgia

Stahl	$\text{Calx (óxido)} + \text{Carvão (flogístico)} \rightarrow \text{Metal}$
Hoje	$\text{Óxido do metal} + \text{Carbono} \rightarrow \text{Metal} + \text{Gás Carbônico}$ $2 \text{Fe}_2\text{O}_{3(s)} + 3\text{C}_{(s)} \rightarrow 4 \text{Fe}_{(s)} + 3 \text{CO}_{2(g)}$

Fonte: Autores, baseado em Maar (1999), com ligeiras adaptações.

Assim, segundo a ideia do princípio flogístico, que dominou o pensamento químico por quase todo o século XVIII, “calcinar seria como matar o metal que, assim mortificado, seria mais pesado”.

Para Maar (1999),

“Entender a natureza do flogístico e a explicação dos fenômenos que ele pretende interpretar é um dos aspectos mais difíceis da Química pré-Lavoisier, e depende mais do entendimento do leitor do que uma exposição do autor” (Maar, 1999 pág. 476).

Para se compreender a mudança paradigmática levada à cabo por Lavoisier, é importante ressaltar a inversão entre as reações de adição e de decomposição. Na combustão e calcinação ocorre uma reação com o oxigênio, que não era concebida por Stahl, posto que na sua concepção esta reação seria simplesmente uma perda ou ganho de flogístico. Ele achava que, na calcinação, o metal perdia o flogístico (decomposição, metal – flogístico) mas, como sabemos hoje, é uma adição (oxigênio + metal).

Na metalurgia, segundo o paradigma do flogístico, o óxido do metal (que se chamava de cal) ganha flogístico, o que seria uma adição. No entanto, esta reação é compreendida hoje como uma decomposição que pode ser assim explicada: óxido de mercúrio (metal + oxigênio), quando

aquecido, libera oxigênio e resta o metal puro - uma reação de decomposição. A compreensão, invertida e equivocada, que dominou o pensamento químico por quase um século, teria que esperar por Lavoisier para que o mecanismo da calcinação / combustão fosse completamente compreendido, possibilitando assim os avanços que se seguiram e que fundamentaram o surgimento da química moderna.

Uma ferramenta de análise, usada aqui para se compreender a história da ciência, é a dialética hegeliana, entendida como processo racional no qual as contradições não são consideradas paradoxos lógicos, mas a força motriz do pensamento (Silva;Arcaño, 2021). Essa força é dinâmica e criativa porque procede por meio da superação das contradições por sínteses provisórias. Ou seja, a superação alcançada com a síntese pode prosseguir em movimento dialético na medida em que ela, síntese, já carrega consigo o embrião de uma nova tese e o seu contrário, a antítese, ou seja, uma contradição. A força motriz, usada aqui como metáfora de movimento em espiral criativa, é alimentada pela luta de contrários (Cury, 1989; Chaúí, 2003).

No caso específico da passagem da alquimia para a química moderna, poderíamos partir do pensamento aristotélico, dominante por milênios, que concebia o fogo como um elemento constitutivo da matéria — a tese. Os alquimistas, por sua vez, propuseram uma visão distinta: o fogo não seria um elemento, mas sim a liberação de um princípio – flogístico - inerente à certos corpos - a antítese.

Embora carregada de falhas, inversões e equívocos, a antítese representou um avanço momentâneo e crucial para a pesquisa naquele período histórico. Ao negar a concepção de elemento (tese) estimulou a pesquisa química e permitiu numerosas descobertas, conquistando adeptos notáveis como Cavendish (1731–1810), Scheele (1742–1786) e Priestley (1733–1804), entre outros. Como nos ensina Bachelard (1985), o conhecimento científico é dialético por natureza. Assim, não por acaso, mas como consequência do próprio movimento dialético, foram justamente as pesquisas desses mesmos cientistas — inicialmente defensores do flogístico — que produziram os dados empíricos posteriormente utilizados por Lavoisier para construir uma síntese que superou a contradição vigente daquela época. Qual foi então esta síntese?

Quando da identificação do oxigênio como agente da combustão, o fogo deixou de ser compreendido como um elemento (pensamento aristotélico) ou como um princípio, de fogo ou de leveza (pensamento alquimista) e passou a ser compreendido como uma reação química que obedecia a lei da conservação da massa. Esta nova concepção – a síntese – explicaria não somente a combustão, mas muitos outros processos relacionados como a fermentação, respiração, calcinação, entre outros.

Assim, de forma esquemática:

- Tese: O fogo é um elemento constitutivo do mundo;
- Antítese: O fogo não é um elemento constitutivo, mas a liberação de um princípio - o flogístico;
- Síntese: O fogo não é elemento nem flogístico, mas uma reação química de oxidação.

É preciso notar que a antítese – flogístico - não foi uma mera negação, mas uma negação aprimorada, pois expressava um princípio explicativo para o fenômeno em substituição ao que, na tese (elemento) se apresentava como elemento constitutivo. A síntese, por sua vez, foi além de uma simples correção posto que ela elevou a compreensão a um novo patamar – uma explicação completa, ou seja, a proposição de um mecanismo gerativo que, uma vez em ação, produz o fenômeno em si — o fogo (Maturana, 1997; 2001).

Embora não seja nosso objetivo aprofundar as concepções sobre o fogo e sim utilizar o seu estudo científico, histórico e epistemológico, para refletir sobre a desinformação e as fake News, convém finalizar este tópico assinalando que a visão puramente química de Lavoisier se mostra hoje insuficiente para explicar a propagação da chama. Esta é a beleza da dialética para a qual toda síntese já carrega em si o embrião de uma nova tese e, a partir dela, por consequência lógica, novas contradições.

Hoje, compreende-se o fogo como um processo físico-químico complexo: uma reação de oxidação em cadeia, altamente exotérmica, que ocorre na fase gasosa e é sustentada pela produção contínua de radicais livres e pela transferência de calor. Enquanto Lavoisier via o fogo como uma reação na superfície dos materiais, a chama é hoje entendida como um meio gasoso aquecido que pode apresentar características de plasma — o quarto estado da matéria — uma vez que, em temperaturas suficientemente elevadas, o gás se ioniza parcialmente, formando íons positivos e elétrons livres. Embora nem todas as chamas atinjam grau de ionização suficiente para serem classificadas como plasma, no sentido estrito do conceito, essa interpretação ajuda a evidenciar a complexidade físico-química envolvida. Assim, a compreensão moderna do fogo e do calor se apoiam em três pilares físico-químicos essenciais: (a) Teoria Cinética Molecular, que explica o calor como energia associada ao movimento das partículas; (b) Reação em Cadeia, mediada por radicais livres, fundamental para a sustentação da chama e (c) Termoquímica, que descreve a energia liberada ou absorvida nas transformações químicas. O motor do processo é a pirólise — a quebra de moléculas induzida pelo calor — que gera radicais livres, espécies extremamente reativas devido à presença de elétrons desemparelhados. Esses radicais atacam outras moléculas,

quebrando-as e gerando novos radicais. O processo torna-se autossustentável quando a energia necessária para romper as ligações químicas é menor que a energia liberada na formação de novas ligações. É o calor liberado que mantém a chama viva; sem essa reação em cadeia, o fogo se extinguiria rapidamente.

Desse modo, a nova tríade dialética do fogo pode ser assim atualizada com o seguinte esquema:

Tese (Lavoisier, séc. XVIII): o fogo é uma reação química de oxidação.

Antítese (séc. XIX–XX): o fogo não é somente uma reação química, mas um fenômeno físico-químico.

Síntese (visão moderna): o fogo é um sistema dinâmico fora do equilíbrio — um processo de oxidação exotérmica autossustentado que ocorre na fase gasosa (ou com características de plasma), mediado por radicais livres em reação em cadeia.

Se o uso da dialética pode nos auxiliar para compreender a história da ciência, poderíamos usar esta história e a própria dialética, com suas tríades - teses, antíteses e sínteses - para problematizar a desinformação, o negacionismo e as fakenews no contexto da educação formal e, também, da popularização da ciência?

## **Sobre incertezas e certezas na Ciência**

Aqui mostramos como teorias científicas percorrem um longo caminho até serem aceitas e como elas podem, também, serem rejeitadas quando surgem explicações melhores para os fenômenos estudados. Para exemplificar a referida afirmação, transcreveremos a polêmica, estudada por Thuillier (1994), em torno dos “espelhos ardentes” atribuídos ao grande filósofo Arquimedes, no cerco de Siracusa. Este relato histórico é considerado uma questão em aberto até os nossos dias e a ele subjaz a pergunta: é um fato ou uma grande “Fake News” da Antiguidade?

A partir da análise aprofundada de Thuillier (1994), discutiremos como a história da ciência e também a epistemologia podem oferecer ferramentas de análise para compreender e enfrentar a desinformação no campo das Ciências e como isto pode ser usado no campo da Educação. Dizemos isto porque o estudo de Thuillier (1994) dialoga com a nossa pesquisa acadêmica no que tange ao uso de conceitos científicos no ensino de ciências e na popularização da ciência. Enquanto grande historiador da ciência, Thuillier, 1994), em seu estudo, nos mostra os vários caminhos,

obstáculos e atalhos vivenciados por importantes cientistas e filósofos, de várias épocas, sobre o caso estudado. Uma forma sintética para compreender estes percursos históricos e a evolução conceitual em várias áreas do conhecimento, é apresentada por Andrade (2019) com a expressão “paisagem conceitual”. O referido autor discute os diferentes significados do termo conceito, a partir dos quais permite ao observador um duplo olhar: para o passado e para o futuro:

Analisamos os diferentes significados expressos para o termo conceito e, a partir de uma síntese, construímos uma formulação original para o conceito de conceito, denominado aqui, metaforicamente, de paisagem conceitual. [...] Ao permitir ao observador um duplo olhar, para o passado e para o futuro, elas podem se tornar um bom guia cartográfico para deslocamentos teóricos, projetos de pesquisa e de ensino, contribuindo para a atividade docente e a socialização do conhecimento. (Andrade, 2019).

Ao usar a metáfora do “caminho” para situar o discente no longo processo de construção das ciências, Andrade propôs que este caminho metafórico se abre, ocasionalmente, em paisagens — momentos de reflexão e síntese provisória, inacabada e em constante reinício (Sancovschi; Kastrup, 2008), denominadas por ele de paisagens conceituais (Andrade, 2019).

O texto de Thuillier, 1994, é um bom exemplo para evidenciar essas paisagens, mostrando como a história da ciência não é linear e nem cumulativa e está repleta de dúvidas, avanços e retrocessos, corroborando com o que foi proposto por Thomas Kuhn, no seu clássico “A estrutura das revoluções científicas” (1991).

Assim, Arquimedes era, além de filósofo, matemático, astrônomo, físico e engenheiro. Existe mesmo um consenso entre vários historiadores da ciência quando afirmam que a genialidade de referido filósofo só encontra paralelo com Isaac Newton (1643-1727), nascido muitos séculos depois.

Arquimedes, nasceu no século III a.C., em Siracusa, colônia grega na Sicília. Estudou na Biblioteca de Alexandria e tornou-se célebre por suas descobertas aplicadas à vida cotidiana, incluindo a guerra.

Dentre suas façanhas mais conhecidas está a história da “coroa de ouro” do rei Hierão II, relatada por Vitruvius (80 a.C. – 15 a.C.). Desafiado a descobrir se o ourives havia adulterado a liga de ouro da coroa, Arquimedes percebeu, ao entrar em uma banheira, que o volume de água deslocado era proporcional ao seu próprio volume. Assim descobriu o princípio do empuxo, fundamento da hidrostática, e solucionou o grande enigma para o qual foi desafiado. A cena de Arquimedes demonstrando sua euforia após a descoberta é descrita de forma jocosa - um homem nu, correndo pelas ruas de Siracusa, gritando “Eureka, Eureka”. Outras contribuições notáveis incluem o “parafuso de Arquimedes”, mecanismo em espiral usado até hoje para irrigação, além de estudos sobre alavancas, geometria, mecânica e a quadratura do círculo — que antecipou o

conceito do número  $\pi$ . Sua fama atravessou gerações em diferentes regiões e povos, sobretudo os gregos, romanos e árabes, que preservaram relatos de suas descobertas, tornando-o imortal.

## **Episódio 2- Arquimedes e os espelhos ardentes: uma lição de história da Ciência**

Durante o cerco de Siracusa, em 212 a.C., surgiu uma das histórias mais controversas da ciência antiga, ligadas ao nome de Arquimedes, os chamados “espelhos ardentes”. Segundo algumas narrativas, Arquimedes teria posicionado grandes espelhos de modo a refletir os raios solares e incendiar os navios romanos. Esse episódio, envolto em mistério e disputas, gerou controversas e até mesmo simulações experimentais ao longo dos séculos, dividindo os estudiosos entre aqueles que consideravam o fenômeno como mito e aqueles que defendiam sua veracidade. O Interessante é que esta questão continua em aberto.

Pierre Thuillier, em *De Arquimedes a Einstein* (1994), utiliza o cerco de Siracusa como exemplo paradigmático da tensão entre mito e ciência. Ele analisa relatos históricos, opiniões de cientistas e tentativas experimentais que buscaram confirmar ou refutar a eficiência dos espelhos ardentes. O autor mostra que, em face da dúvida, essa narrativa mobilizou a reflexão científica e filosófica, durante séculos.

Para compreender o debate, organizamos dois Quadros (1 e 2) com informações extraídas do Livro do referido autor. Elas resumem os principais argumentos contrários e favoráveis à plausibilidade da existência dos espelhos ardentes.

### **Quadro 1 – Autores que consideram o Evento como mito**

ANO	CIENTISTA HISTORIADOR	ARGUMENTO
I d.C.	Políbio, Tito Lívio e Plutarco	Falta de citação histórica sobre o fenômeno
1630	Descartes	Os raios do sol não são exatamente paralelos e que um espelho ardente, para agir a grande distância, deveria ter um tamanho desmesurado:
Século XVIII	Du Fay.	Realizou experiências com um espelho côncavo e com um parabólico, mas os resultados foram negativos.
1977	D.L. Simms	Não havia conhecimento e tecnologia para a produção dos espelhos, além do silêncio dos autores da época.

Fonte: Autores, a partir do Livro de Thuillier (1994), com pequenas modificações

**Quadro 2 – Autores que consideram o Evento como verossímil.**

ANO	CIENTISTA HISTORIADOR	ARGUMENTO
VI d.C.	Antêmio de Tralas	Historiador, com posição favorável
1130	Zonaras	Defesa por um fato correlato ao afirmar que Proclus teria utilizado espelhos ardentes para destruir a frota do general Vitaliano, quando este cercou Constantinopla em 514 d.C.
1294	Roger Bacon	Com um espelho côncavo bem concebido, poder-se-ia queimar qualquer coisa.
1551	Oronce Fine	Construiu, com suas próprias mãos, espelhos ardentes. Escreveu um livro afirmando que o espelho parabólico é mais eficaz que o esférico,
1632	Jesuíta Bonaventura Cavalieri	Historiador, escreveu um tratado sobre o assunto, defendendo a tese.
1646	Padre Athanasius Kircher.	Ele faz experiências e constata que, com cinco espelhos planos bem dispostos, obtém-se um calor quase intolerável.
1747	Buffon	Pela prática, construiu um espelho formado por 168 vidros de pequeno tamanho e testou o calor produzido em materiais diversos, concluindo que Descartes estava errado.
Século XII	Ioannis Tzetzes, autor bizantino	Narra o episódio baseado no autor Dion Cassius, que escrevera, no século II d.C., sobre o episódio.
Século XII.	Bispo Eustáquio	Em seu comentário à Ilíada de Homero, afirma que Arquimedes, por meio de uma invenção com base na óptica, incendiou os navios inimigos".

Fonte: Autores, a partir do Livro de Thuillier (1994), com pequenas modificações

Os Quadros 1 e 2 mostram que a controvérsia não é recente. Ao mesmo tempo em que críticos como Descartes (1596-1630) e Simms (1998) afirmam a impossibilidade técnica e a ausência de relatos históricos que confirmem o fato, experiências como as de Buffon, no século

XVIII, e de Ioannis Sakkas (engenheiro grego que reproduziu o experimento em 1973), demonstraram, empiricamente, que espelhos bem posicionados podem, sim, incendiar a madeira. A questão, porém, permanece: seria possível aplicar esse recurso em uma batalha real, com navios em movimento e em condições atmosféricas não ideais?

Ao final de sua análise, Thuillier (1994) propõe uma reflexão epistemológica a partir do episódio dos espelhos ardentes, qual seja: a ciência convive com equívocos e subjetividades que se entrelaçam no processo de construção do conhecimento.

## **Ensino de Ciências**

Em 2024, a rede CNN noticiou que o estudante canadense Brenden Sener, de 13 anos, foi premiado em uma feira de ciências ao construir uma versão, em miniatura, do dispositivo atribuído à Arquimedes, recebendo, pelo seu feito, uma medalha de ouro e um prêmio da Biblioteca Pública de Londres (Nicioli, 2024). Não é de nosso interesse retomar a discussão dos “espelhos ardentes”, ainda que este fato histórico desperte interesse em livros didáticos, cursos de física e experimentos escolares. Nos interessa, no entanto, discutir como as práticas escolares e pedagógicas e a popularização de ciência podem contribuir para combater o negacionismo e a desinformação estrutural.

Nesse sentido, o nome do Educador Paulo Freire deve ser sempre lembrado. A partir de sua extensa obra e legado (Freire 1969; 1970; 2002), aprendemos que a educação é um processo dialógico e dialético entre educadores-educandos e educandos-educadores por meio de problematizações a respeito do mundo. Neste processo crítico e criativo, é possível nos tornamos mais “conscientes” de nossa circunstância – a sociedade na qual vivermos. No entanto, para que esta conscientização ocorra, é necessário que educandos-educadores e educadores-educandos aprendam a ler o mundo e compreender o seu contexto e a sua história. Assim, para Paulo Freire (1969; 1970), a educação deve ser entendida como um processo que leve o indivíduo a se reconhecer como agente que vive no mundo, mas que também cria o mundo com o seu atuar. Chega-se a esse duplo reconhecimento através do movimento das contradições internas entre a razão e o mundo material e das condições materiais do mundo em que a razão existe (Andrade; Silva, 2021). Segundo essa concepção freiriana, o ato de leitura não pode estar dissociado da leitura do mundo e não se trata apenas de ler e conhecer as coisas do mundo, mas, efetivamente, o de transformá-lo – o que inscreve a educação como prática da liberdade.

Freire (2002) era dialético na sua relação com o mundo, mas também, com os educandos que tiveram o privilégio de conviver com ele. Assim dizia ele, em sua oralidade dialética:

Educar é tarefa daqueles que sabem que pouco sabem – por isto sabem que sabem algo e podem assim chegar a saber mais – em diálogo com aqueles que, quase sempre, pensam que nada sabem, para que estes, transformando seu pensar que nada sabem em saber que pouco sabem, possam igualmente saber mais” (Freire, 2002, p. 25).

Dito isto nos perguntamos: podemos planejar e implementar aulas dialéticas e, mais do que isto, cultivar a dialética no âmbito educacional? Este exercício deve ser pensado, elaborado e praticado por todo educador, em face das especificidades das disciplinas. De uma forma geral, algumas características são comuns, quais sejam: é importante facilitar o desenvolvimento do pensamento sistêmico, ou seja, valorizar as interconexões ao invés de causas simples, estimular o debate na sala de aula a partir da apresentação de seminários acadêmicos, mas também de práticas lúdicas como filmes e esquetes teatrais (Boal, 2013) sobre a história da ciência. Estas práticas lúdicas facilitam o reconhecimento que o conhecimento científico é provisório e que a ciência não produz verdades incontestes, mas boas proposições que podem ser refutadas em face de novas evidências.

Da parte do educador, espera-se que este valorize as perguntas, mostre como a ciência é construída, como nos casos relatados aqui, e fomente debates respeitosos com os estudantes, posto que o uso da dialética na educação não é sobre vencer com argumentos, mas sobre construir compreensões mais ricas e complexas através do confronto de ideias.

No contexto educacional, a dialética pode ser poderosa no combate à desinformação, pois ela ataca não apenas as mentiras específicas, mas, também, a estrutura de pensamento que as tornam facilmente aceitáveis. Assim, por exemplo, na tese que as vacinas causam autismo, há de se estimular debates, estimular a criação de antíteses e mesmo mostrar aos estudantes que não há relação de causalidade entre os dois fenômenos: a vacinação e o autismo. Neste contexto, algumas perguntas não podem deixar de ser formuladas, quais sejam: Quais interesses podem estar por trás de uma determinada narrativa? Quais evidências sustentam uma ou outra afirmação? Que informações complementares estão faltando? Quais antíteses podem ser formuladas? É possível formular uma síntese?

Ainda que em toda disciplina acadêmica se possa fazer um exercício dialético para ministrá-la, o ensino de ciências é um espaço educativo privilegiado para tal exercício e, portanto, deve ser incentivado e apoiado, inclusive com o seu braço experimental. Nesta perspectiva, iniciativas institucionais recentes reforçam a centralidade dessa abordagem. Em 2024, o Ministério da Educação (MEC), em parceria com o MCTI e o CNPq, lançou o Programa Mais Ciência na Escola,

cujo objetivo é promover o letramento digital e a educação científica por meio da implantação de laboratórios *maker* em escolas públicas, acompanhados de formação docente, planos de atividades e bolsas para professores e estudantes. Ao incentivar práticas experimentais, projetos investigativos e novas abordagens, o programa alinha-se às competências científicas previstas na BNCC e às diretrizes da Política Nacional de Educação Digital (PNED), além de dialogar diretamente com a ampliação do tempo escolar por meio do Programa Escola em Tempo Integral. Assim, ações estruturantes do MEC, com o apoio do MCTI, evidenciam que a experimentação, a criatividade e a investigação continuam sendo dimensões fundamentais para fortalecer a Educação em Ciências na escola básica brasileira e, quiçá, para o futuro da ciência no Brasil.

### **Popularização da ciência**

A popularização da ciência, quando implementada a partir de uma perspectiva dialética, não se reduz à mera transmissão vertical de informações de um centro de saber, universidades, para um público leigo. Ela se configura como um processo dinâmico de desvelamento no qual o conhecimento científico deixa de ser um fim em si mesmo, um saber hermético e alienado, para se tornar uma ferramenta de crítica e compreensão do mundo. Ao explicitar os métodos, os conflitos, as incertezas e as aplicações sociais da ciência, este processo desmistifica a aura de neutralidade e verdade absoluta na qual frequentemente é concebida, tanto pelo leigo, quanto por parte da própria academia, revelando assim suas imbricações com os interesses materiais e as estruturas de poder. É precisamente nesta desmistificação que reside seu potencial emancipatório: ao tornar acessíveis os instrumentos do pensamento crítico-racional, a popularização da ciência capacita os cidadãos a decifrar a realidade de forma mais incisiva e autônoma, questionando as determinações naturalizadas e, até mesmo, participando, conscientemente, das lutas democráticas e de afirmação da soberania nacional. No âmbito de nossa discussão, diríamos, no combate ao negacionismo e a desinformação profissional, levado à cabo por grupos reacionários, que longe de ser um ato de "doação" de saber ou de salvacionismo (Freire, 2002), a popularização da ciência se efetiva como uma práxis que, ao se apropriar do saber que até então eram estranhos à população leiga, contribui para a formação de sujeitos históricos conscientes de sua capacidade de transformar a sua própria realidade. Em artigo recente, Silva e colaboradores (2024) problematizaram o uso de algumas terminologias utilizadas na prática da socialização do conhecimento científico e afirmaram que a questão fundamental do problema não é de nomenclatura ou de linguagem - comunicação, difusão, alfabetização ou letramento - mas com

quem esta prática “se irmana nas lutas que a história impõe, ou seja, ser capaz de responder a questão: divulgação científica para quem te quero?” (Silva et al. 2024).

## **Considerações finais**

As lições extraídas de Arquimedes e Lavoisier transcendem o âmbito da história da ciência e oferecem um poderoso arcabouço analítico para enfrentarmos a epidemia de desinformação na contemporaneidade. Os dois episódios históricos funcionam como metáforas para os desafios que vivemos hoje.

O caso de Arquimedes e os espelhos ardentes ilustra um fenômeno que podemos denominar de narrativa resiliente. Ainda que sua veracidade factual seja disputada há séculos, o poder dessa história reside em sua capacidade de encapsular uma verdade conceitual – o gênio inovador de Arquimedes – e de se manter viva como um instrumento pedagógico e cultural. De forma análoga, as fakenews e as teorias da conspiração modernas raramente são criadas do nada. Elas geralmente se apoiam em fragmentos de verdade, medos reais ou desconfianças legítimas, a sombra do navio romano, que são depois distorcidos e amplificados por meio de narrativas espetaculares e emocionalmente carregadas - o incêndio miraculoso. A questão central deixa de ser a verdade e passa a ser por que essa história ressoa e se propaga, independentemente de sua verificação?

A transição do flogístico para a Teoria do Oxigênio oferece um modelo para entendermos a dinâmica do negacionismo científico. A teoria do flogístico não era uma simples tolice; era um paradigma coerente que explicava muitas observações e era defendido por mentes brilhantes. Sua resistência à mudança, mesmo diante de anomalias como o ganho de peso na calcinação, demonstra como um sistema de crenças pode se manter e perdurar por muito tempo por meio de ajustes *ad hoc*, ou seja, uma hora o flogístico escapa, em outro momento o flogístico se incorpora a matéria – tal como vemos nas teorias conspiratórias atuais, que se adaptam para incorporar qualquer evidência contrária como parte supostamente previsível do complô, quase descoberto. A derrubada do flogístico exigiu mais do que novos resultados, mas, sobretudo, uma completa reestruturação conceitual, uma nova forma de ver o mundo químico.

É precisamente essa reestruturação conceitual – a capacidade de se dispor a percorrer outros caminhos do conhecimento para encontrar novas paisagens conceituais descortinadas e reveladoras que a desinformação busca sabotar. Nesta perspectiva, o enfrentamento se dá quando as teorias conspiratórias e o negacionismo instrumental é substituído pelo processo dialético, com suas nuances, contradições e autocorreção. Uma substituição das certezas, geralmente simplistas, dogmáticas e imutáveis, por um processo instituinte de produção de sínteses que superam

contradições. Assim, enquanto a desinformação prospera na estagnação do pensamento, na negação do contraditório e na deslegitimação das fontes de autoridade epistêmica, a educação crítica e a popularização da ciência engajada constroem caminhos emancipatórios e democráticos de inclusão social e de afirmação da soberania nacional.

Portanto, o antídoto mais potente contra a desinformação não é simplesmente uma autocorreção automática e infinita, mas, sim, a promoção ativa do que podemos chamar aqui de alfabetização dialética. Isso significa educar as novas gerações não apenas sobre o que sabemos, mas sobre como o sabemos; sobre os longos, tortuosos e muitas vezes contra intuitivos caminhos que a humanidade percorreu para construir esse conhecimento. Ensinar sobre os espelhos de Arquimedes e o flogístico de Stahl é, no fundo, ensinar humildade intelectual, ceticismo saudável e a coragem de abandonar ideias simplistas e confortáveis em favor de explicações mais densas e robustas. É preciso educar o jovem e, também, o público em geral, com a mesma ferramenta que permitiu a Lavoisier ver o oxigênio onde outros só viam a ausência de flogístico: a capacidade de pensar de forma crítica, histórica e sistêmica. Nesse sentido, para combater a desinformação, é preciso investir em programas tais quais o “Mais ciência na Escola” e o Lugar de ciência é na Escola e, no campo social mais amplo, trabalhar com a socialização do conhecimento numa perspectiva emancipatória e inclusiva.

## Referências

ANDRADE, L. A. B. Conhecimento é caminho: da metáfora ao mecanismo gerativo. **Ciências & Cognição**, Vol. 23(1) 117-137, ISSN 1806-5821, 2018.

ANDRADE, L. A. B. Paisagem Conceitual: Construção Teórica e Sua Utilização na Educação. **RevistAleph**, nº 32. 2019.

ARQUIMEDES, <https://www.if.ufrgs.br/tex/fis01043/20012/Severo/arquimedes.html>. Acesso em: 08/04/2024.

BACHELARD, G. A chama de uma vela. Tradução de Glória de Carvalho Canejo. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1989.

BACHELARD, G. O novo espírito científico. Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro, 1985.

BLOIS, M. M. *Reencontros com Paulo Freire e seus amigos*. Fundação Euclides da Cunha, Niterói, 2005.

BOAL, A. Teatro do Oprimido e outras poéticas políticas. Cosac Naify, São Paulo. 2013.

CARVALHO, I; TEIXEIRA, G. A. P. B. Letramento e multiletramentos: navegando entre a informação e as fakes News. In: PÔRTO JR, G.; ANDRADE, L. A. B.; SOUZA, D. M. (org.).

Ensino, Comunicação e Desinformação: vol. 2 – Letramento e Educação Midiática. Palmas, TO: Observatório Edições, 2024, p. 57-80.

CHAUÍ, M. *Convite à Filosofia*. Editora Ática, São Paulo, 2003.

CURY, C.R.J. *Educação e contradição: elementos teórico-metodológicos para uma teoria crítica do fenômeno educativo*. 6ª ed. Editora Cortez e Associados, São Paulo. 1989.

Deleuze, G., & Guattari, F. *Mil platôs: Capitalismo e esquizofrenia* (Vol. 1). Ed. 34. 2011.

FREIRE, P. *Educação como prática da liberdade*. Paz e Terra, Rio de Janeiro, 1969.

FREIRE, P. *Pedagogia do Oprimido*. Paz e Terra, Rio de Janeiro, 1970.

FREIRE, P. *Pedagogia da Autonomia: saberes necessários à prática educativa*. Paz e Terra, Rio de Janeiro, 1998.

FREIRE, P. *Extensão ou comunicação?* 12ª ed. Paz e Terra, Rio de Janeiro, 2002.

GOMES, S. F.; PENNA, J. C. B. O; ARROIO, A. Fake News Científicas: Percepção, Persuasão e Letramento. **Ciênc. educ. (Bauru)** 26, 2020, p.1-13. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1516-731320200018>. Acessado em 26/08/2025.

GUAZINA, L; AMORETTI, F. Mapeamento de iniciativas para combater a desinformação online no Brasil e na Itália: o papel das universidades públicas. In: PÔRTO JR, Gilson; CASTRO, H. C.; SILVA, S. S. C. (org.). **Ensino, Comunicação e Desinformação**: vol. 1 – (Des)construindo conceitos. Palmas, TO: Observatório Edições, 2024. ISBN 978-65-981820-8-3.

KUHN, T. A estrutura das revoluções científicas. Perspectiva, 1991.

MAAR, J. H. Pequena História da Química. Papa Livros, 1999.

MATURANA, H. & VARELA, F. *A árvore do conhecimento: as bases biológicas do entendimento humano*. Psy II, Campinas, 1995.

MATURANA, H. *A ontologia da realidade*. Editora UFMG, Belo Horizonte, 1997.

MATURANA, H. O que se observa depende do observador. Pp. 61-66. In: *Gaia – Uma teoria do conhecimento*. Editora Gaia, São Paulo, 2000.

MATURANA, H. *Cognição, ciência e vida cotidiana*. Editora UFMG, Belo Horizonte. 2001.

MATURANA, H. *Emoções e linguagem na educação e na política*. Editora UFMG, Belo Horizonte. 2002.

MAQUIAVEL, N. **O príncipe**. São Paulo: Penguin Classics Companhia das Letras, 2010.

MEDRÁN, A. No reino da pós-verdade, a irrelevância é o castigo. UNO, São Paulo, n. 27, p. 33-35, 2017. Disponível em: <https://tinyurl.com/y9knxgaz>. Acesso em: 25 maio 2020.

NICIOLI, T. Estudante de 13 anos tem "momento eureka" que pode confirmar ideia de Arquimedes. CNN NEWS, 2024. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/tecnologia/estudante-de-13-anos-tem-momento-eureka-que-pode-confirmar-ideia-de-arquimedes/>. Acessado em 02/08/2025.

PÔRTO JR, G; CASTRO, H C; SILVA, S. S. C. (org.). **Ensino, Comunicação e Desinformação**: vol. 1 – (Des)construindo conceitos. Palmas, TO: Observatório Edições, 2024. 211 p. ISBN 978-65-981820- 8-3.

SANCOVSCHI, B; KASTRUP, V. Algumas ressonâncias entre a abordagem inativa e a psicologia histórico-cultural. **Fractal Revista de Psicologia**, v. 20 – n. 1, p. 165-182, Jan./Jun. 2008.

SANTOS, B. S. & NUNES, M. P. *Epistemologias do Sul*. Série Conhecimento e Instituições. Cortez Editora, São Paulo, 2014.

SANTOS-D'AMORIM, K. & MIRANDA, M. F. O. Informação incorreta, desinformação e má informação: Esclarecendo definições e exemplos em tempos de desinfodemia. *Encontros Bibli: revista eletrônica de biblioteconomia e ciência da informação, [S.l.]*, v. 26, p. 01–23, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/eb/article/view/76900>. Acesso em: 16 fev. 2025.

SILVA, E. P.; ARCANJO, F.G.. História da ciência, epistemologia e dialética. *Trans/Form/Ação* 44(2):149-174. 2021

SILVA, E. P.; ARCANJO, F.G.; ALVES, S.C.A.; DUARTE, M. R. & NICOLA, L.R.M. Divulgação Científica para quem te quero? *LavraPalavra*, setembro de 2024, acessível em <https://lavrpalavra.com/2024/09/29/divulgacao-cientifica-para-quem-te-quer/>.

SILVA, L. D; SILVA, D. M. A importância da alfabetização midiática no contexto contemporâneo In: PÔRTO JR, G.; ANDRADE, L. A. B.; SOUZA, D. M. (org.). **Ensino, Comunicação e Desinformação**: vol. 2 – Letramento e Educação Midiática. Palmas, TO: Observatório Edições, 2024, p. 81-98.

SIMMS, D. L. *The war devices of Archimedes and Leonardo*. **The British Journal for the History of Science**, v. 21, n. 2, p. 195–210, 1988.

SOUZA, J.; SILVA, M. M.; BRAZA, R. M. M. A era da desinformação e a importância da oferta de educação midiática para pessoas idosas. In: PÔRTO JR, G; ANDRADE, L. A. B.; SOUZA, D. M. (org.) **Ensino, Comunicação e Desinformação**: vol. 2 – (Des)construindo conceitos. Palmas, TO: Observatório Edições, 2024.

SOUZA, Danilo de Melo; PÔRTO JUNIOR, Francisco Gilson Rebouças. A EDUCAÇÃO E AS ESCOLAS NA MIRA DA DESINFORMAÇÃO. In: PÔRTO JR, G.; ANDRADE, L. A. B.;

SOUZA, D. M. (org.). Ensino, Comunicação e Desinformação: vol. 2 – Letramento e Educação Midiática. Palmas, TO: Observatório Edições, 2024, p. 99-116.

THUILLIER, P. De Arquimedes a Einstein: a face oculta da invenção científica. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1994. ISBN 85-7110-272-41.

VARELA, F.; THOMPSON, E. & ROSCH, E. *A mente incorporada: ciências cognitivas e experiência humana*. Editora Artmed, Porto Alegre. 2003.

### **ARTIGO 3 – LAVOISIER, DA ALQUIMIA Á QUÍMICA MODERNA: TEATRO INTEGRANDO CIÊNCIA, ARTE E EDUCAÇÃO.**

O próximo Artigo apresenta uma peça teatral e sua encenação para a juventude escolar e o público em geral. O roteiro está disponibilizado no Apêndice 1. Ele foi submetido para a Revista Educación Química- UNAN, classificada pelo Qualis CAPES como A1, mas ainda não temos o parecer. A partir do nosso estudo sobre a história da Química, com o recorte definido nos objetivos, foi elaborada a peça teatral intitulada “Lavoisier: da Alquimia à Química moderna”. O texto base, elaborado pelo primeiro autor, levou em conta as valiosas experiências pessoais como professor, ator e diretor de teatro. Para a encenação contamos com a participação do grupo de teatro amador “Homúnculos”, do qual fazem parte jovens estudantes universitários e de Ensino Médio. Buscou-se, através do Teatro, situar historicamente a mudança paradigmática da Alquimia à Química moderna. Na Peça, a história de Antoine Lavoisier foi usada para debater com o público as concepções de ciência e as relações com a sociedade (como a ciência se constrói, como ela impacta a sociedade, como a sociedade interfere na produção científica de modo a identificar a ciência como um produto da cultura) e da evolução conceitual de uma ciência dinâmica. Com esse sentido, o teatro se apresenta como um meio, uma possibilidade para que se alcance o objetivo de formar cientificamente pessoas para participarem da vida com melhores ferramentas, aptas a, por exemplo, se defenderem das *fake News* - tanto na educação em ciência quanto na popularização científica.

### **LAVOISIER, DA ALQUIMIA Á QUÍMICA MODERNA: TEATRO INTEGRANDO CIÊNCIA, ARTE E EDUCAÇÃO.**

Nelson Dos Santos moreira

Maura Ventura Chinelli

### Resumo

Este artigo relata o processo de criação e encenação de uma peça teatral que visou a articulação entre ciência e arte apresentando a vida e a obra do cientista francês Antoine Lavoisier no contexto histórico que marcou a transição da Alquimia para a Química Moderna. Com isso, buscou-se tornar a Química mais acessível, inclusiva, interdisciplinar e contextualizada historicamente, objetivo que se mostra relevante tanto para a educação formal quanto não-formal em Ciências. A partir de pesquisa bibliográfica com foco na historiografia, foi construído o texto que, com a contribuição dos atores – jovens do Ensino Médio e Superior – resultou no produto a ser encenado. Apresentada em diferentes espaços, a peça foi acompanhada de uma pesquisa avaliativa, cujos resultados indicaram a boa receptividade do teatro como ferramenta para a educação científica. Destaca-se, nesta avaliação, o número expressivo de espectadores que manifestaram ter compreendido os aspectos químicos envolvidos e as questões históricas e epistemológicas associadas à construção do conhecimento científico. Concluímos que a articulação pretendida, entre ciência e arte, teve êxito, o que nos permite afirmar a importância de se levar a público um espetáculo teatral de caráter socio científico como contribuição para a divulgação científica e o ensino formal de Ciências.

Palavras-chave: Alfabetização científica; História da Química; Interdisciplinaridade; Teatro científico; Ensino de Ciências, Popularização científica.

### Abstract

This article reports on the process of creating and staging a theatrical play aimed at articulating science and art, presenting the life and work of the French scientist Antoine Lavoisier within the historical context marking the transition from Alchemy to Modern Chemistry. The goal was to make Chemistry more accessible, inclusive, interdisciplinary, and historically contextualized, which is relevant for both formal and informal science education. Based on bibliographic research focused on historiography, a script was developed, which, with the contribution of actors—young people from high school and higher education—resulted in the performance to be staged. Presented in different venues, the play was accompanied by an evaluative research, whose results indicated a positive reception of theater as a tool for science education. Notably, a significant number of spectators expressed that they understood the chemical aspects involved as well as the historical and epistemological issues related to the construction of scientific knowledge. We conclude that the intended articulation between science and art was successful, allowing us to affirm the

importance of bringing a socio-scientific theatrical performance to the public as a contribution to science dissemination and formal science education.

Keywords: Scientific literacy; History of Chemistry; Interdisciplinarity; Scientific theater; Science education; Scientific popularization.

## Introdução

Há um debate cada vez mais presente nos contextos acadêmicos acerca de iniciativas que visam aproximar a Ciência – como costumam ser referidas as ciências que tratam dos fenômenos da Natureza - às diferentes formas de expressão artística, especialmente com vistas à educação científica (Galván-Madrid, 2011; Chapela & Garritz, 2013; Moreira & Marandino, 2015; Silva & Nardi, 2017; Figueira-Oliveira et al, 2018; Sant’Ana & Moreira, 2021; Araujo–Jorge; Trajano & Mello, 2023; Ruta; Carvalho & Paula, 2024; entre outros).

Podemos observar a potencialidade da linguagem teatral para disponibilizar conhecimentos científicos a um público não especializado, em experiências distintas que demonstram a versatilidade e a eficácia do teatro como um meio de comunicação científica e educativa. Dentre esses destacam-se, de modo a situar-nos nesse contexto, os trabalhos de Sant’Ana e Moreira (2021) e de Chapela e Garritz (2013).

Sant’Ana e Moreira (2021), a partir de uma extensa revisão de literatura sobre o tema, concluíram afirmando o valor do teatro para a divulgação científica, trabalho em que, no entanto, destacaram que são ainda incipientes discussões que abordem a relação entre teatro científico e questões sociais. Já Chapela e Garritz (2013) discutem a importância do teatro na criação de uma conexão emocional com métodos e resultados da atividade científica, cativando o público para a Ciência de maneira lúdica e envolvente.

A Arte, como um processo de produção simbólica, gera múltiplos questionamentos e compartilha com a ciência um elemento essencial: a criatividade. De modo que, considerando o potencial da arte tanto no campo produtivo quanto no emocional e afetivo, temos por hipótese que, com a Arte, é possível revisitar conteúdos científicos muitas vezes considerados densos e descontextualizados, tornando-os mais acessíveis e próximos das pessoas em geral.

Nosso foco na Química vem da observação, em nossas experiências como professores e divulgadores de ciência, de que a compreensão da importância desse campo do conhecimento para a vida carece de duas dimensões essenciais: a contextualização e o aspecto lúdico. Decidimos então explorar a expressão artística do teatro para contextualizar historicamente a vida do francês Antoine Lavoisier (1743-1794), destacando aspectos de sua vida pessoal e profissional, as demandas sociais de sua época e, principalmente, sua contribuição fundamental para a transição da Alquimia para a Química Moderna.

Lavoisier foi fundamental para a ruptura com o paradigma alquímico, muito marcado por pensamentos mágicos e objetivos impraticáveis. Combateu duramente a forma como a Química ainda se mantinha vinculada à Alquimia medieval e renascentista, passando a criticá-la como uma “estrutura vacilante” a qual seria preciso demolir para, então, reconstruí-la do zero (Bell, 2007, p. 40). Por essa postura firme e, por vezes arrogante, envolveu-se em fortes embates no meio científico.

É uma história emocionante, de um período que se fez notar por uma efervescência política e social que culminou tragicamente para Lavoisier, o que carrega todos os elementos essenciais de

um texto dramaturgicamente. Sendo assim, o escolhemos para a criação e encenação de uma peça teatral que teve Lavoisier como protagonista.

Contribuição de Lavoisier para o nascimento da Química moderna

Lavoisier deparou-se com a Química ainda muito jovem, e desde o início considerou-a confusa, obscura, em vista de explicações baseadas em suposições que não se podia provar (Bell, 2007). A Química, nessa época, ainda se fundamentava, em grande parte, na Alquimia.

Com uma história cuja gênese ainda não pode ser definida plenamente, a Alquimia pode ser entendida como uma arte antiga cujo objetivo máximo era atingir a perfeição. De acordo com Maar (1999), no âmbito material este aperfeiçoamento era buscado através da transformação de metais não nobres em ouro. No âmbito humano, o aperfeiçoamento daquele que pratica a Alquimia, o alquimista, era espiritual. O aspecto prático-experimental, constituído dos materiais, equipamentos e técnicas, foi apropriado pela ciência que surgia, a Química; o filosófico-religioso foi se desfazendo até desaparecer completamente, particularmente a partir da influência de Lavoisier.

Lavoisier, por pressão de seu pai, formou-se em Direito. No entanto, sob orientação e influência de estudiosos importantes à época, aos 21 anos já visava ingressar na Academia de Ciências francesa, cuja missão era fomentar o desenvolvimento da ciência pura e aplicada, buscando o prestígio da descoberta junto com os ganhos materiais da prática científica. Aos 24 anos, após várias tentativas, Lavoisier foi eleito membro da Academia de Ciências e passou a compor a equipe de observadores que deveriam arbitrar sobre o ingresso de novos membros. Um dos mais importantes candidatos, devido não apenas à sua trajetória científica, mas também à sua participação política, foi Jean-Paul Marat (Bell, 2007).

Marat desenvolveu uma série de experimentos ópticos com o objetivo de tornar visível a "matéria do fogo", ou "fluido ígneo" e candidatou-se com eles à Academia. Suas postulações, no entanto, foram consideradas pseudocientíficas, resultando na rejeição de sua candidatura. Marat, porém, publica sua tese como se essa tivesse sido aceita, no que foi desmascarado por Lavoisier e repudiado publicamente. A partir de então, desenvolveu uma forte oposição à Academia de Ciências, com hostilidade particular a Lavoisier.

Àquela época, tinham especial relevância os conhecimentos sobre os gases, com pesquisas empíricas cujos resultados colocavam em questão princípios alquímicos que tratavam os gases como espíritos transcendentais e imensuráveis. No entanto, ainda sob influência da Alquimia, foi muito bem aceito o conceito de *flogístico*, o qual seria um princípio presente na matéria combustível que seria liberado na combustão. Embora essa teoria explicasse muitas observações, ela apresentava uma contradição: a combustão de materiais orgânicos resultava em resíduos mais leves, mas a calcinação de metais gerava resíduos mais pesados.

De modo muito crítico, Lavoisier afirma em seu texto "Réflexions sur le phlogistique"<sup>1</sup>:

Os químicos fizeram do flogístico um princípio vago, sem nenhuma definição rigorosa, e que, portanto, se adapta a quaisquer explicações em que querem incluí-lo; às vezes, esse princípio é pesado, e outras vezes não é; às vezes está livre de fogo, e outras vezes é fogo combinado [...] chegou a hora de trazer a Química de volta a uma forma de raciocínio mais rigorosa [...] de distinguir o que é fato e observação do que é sistemático e hipotético. (Lavoisier, 1786, apud Bell, 2007).

Nessa época, o britânico Joseph Priestley (1733-1804) vinha trabalhando sobre a combustão e respiração, tendo encontrado um "ar novo" a que chamou apenas de "ar desflogisticado". De posse desse conhecimento, Lavoisier veio a comprovar que o gás isolado por Priestley era o grande responsável por essas reações, nomeando-o de Oxigênio. O episódio acentuou antipatias já antigas, despertou mágoas e se tornou uma abertura para questionamentos e disputas. Como disse Greenberg (2009), Lavoisier havia tornado ridícula a Teoria do Flogisto.

---

<sup>1</sup> « Réflexions sur le phlogistique, pour servir de suite à la théorie de la combustion et de la calcination é uma obra de Antoine Lavoisier baseada numa comunicação que fez à Academia Real das Ciências em 1783 e que foi publicada por esta última em 1786.

Lavoisier casou-se com Marie-Anne Paulze (1758 - 1836), que, sendo habilidosa no desenho, conhecedora do latim e do inglês e interessada em ciências, teve importante papel na carreira científica do marido. Casado, Lavoisier passou a ter responsabilidades com sua casa e sua esposa e, embora a Academia de Ciências remunerasse seus membros, a quantia auferida não era suficiente para atender todas as despesas de um francês de classe média. Lavoisier, sendo herdeiro de uma família rica e influente, rapidamente tornou-se sócio da *Ferme Générale* – Fazenda Geral -, instituição privada à qual a monarquia francesa havia designado a coleta de impostos. Lavoisier enriqueceu, com sua participação na Fazenda, mas, sendo um cobrador de impostos, foi muito atacado pela população, frente à crise financeira que submetia o povo francês a fome e sacrifícios enquanto a elite política e financeira gozava de privilégios e fartura.

Jean-Paul Marat, que trazia ódio profundo por Lavoisier desde a negativa para que participasse da Academia de Ciências, era um dos líderes da Revolução Francesa, movimento popular que combatia aquele regime de desigualdades. Como jornalista radical, Marat desencadeou perseguição política a Lavoisier, o que levou o cientista à prisão e execução na guilhotina, em 1794.

#### Teatro na Educação Científica

O avanço do conhecimento, na era Moderna, foi tão vigoroso que estamos hoje sob profunda influência da Ciência e das mais diferentes tecnologias. É preciso reconhecer que é preciso contribuir para que a sociedade se torne alfabetizada cientificamente, ou, trazendo o conceito para uma forma mais contemporânea de abordá-lo, que se torne *letrada* em questões sócio científicas. A alfabetização científica, diz Santos (2007, p. 479), por muito tempo foi “considerada na acepção do domínio da linguagem científica [...]. Ao empregar o termo *letramento*, busca-se enfatizar a função social da educação científica, contrapondo-se ao restrito significado de alfabetização escolar”. Vamos assim ao encontro da perspectiva freireana (Freire, 1988), na qual a alfabetização não se apoia simplesmente na dimensão técnica da leitura e da apreensão de conhecimentos, mas sim nas relações que se podem estabelecer entre o lido/conhecido e diversos aspectos da sociedade e de suas problemáticas.

Historicamente, desde os gregos, o teatro constituiu-se como espaço de reflexão humana e de socialização de conhecimentos e valores, visto que, com a utilização da linguagem teatral, podem-se alcançar interações subjetivas entre o texto encenado e o público, baseadas nas emoções (Heliadora, 2008).

Por essas características, o teatro tem possibilitado abordar aspectos ainda pouco explorados na educação científica, tais como questões socio científicas controversas e questões que influenciaram personagens importantes para a história da ciência (Moreira & Marandino, 2015). Ou seja, a linguagem teatral mostra-se potente para promover letramento científico.

Bertholt Brecht (1898 –1956), dramaturgo e poeta alemão a quem tomamos como uma importante referência, notabilizou-se, em grande parte, pelo uso pedagógico de suas peças teatrais. De acordo com Oliveira (2013), em vista de suas preocupações políticas e de sua ação militante, Brecht imprimiu em sua obra duas importantes funções: a primeira, a ideia de que o teatro deve apresentar à sociedade fatos cotidianos, a fim de que o espectador, emocionalmente mobilizado, venha a refletir sobre eles e avaliá-los; a segunda, promover a educação dos atores, em peças que ele denominou “peças didáticas”, cujo objetivo era fazer com que seus participantes fossem ativos e reflexivos ao mesmo tempo.

Para este trabalho, nos inspiramos em Brecht: o conteúdo abordado visou a reflexão acerca de questões socio científicas e os atores foram estudantes que contribuíram com a elaboração do texto e a seleção de recursos utilizados, de modo a contribuir com sua formação científica.

O envolvimento de estudantes, a fim de suas aprendizagens, encontra respaldo em vários trabalhos em que essa participação foi avaliada, as quais confirmam que alunos que participaram de atividades desse tipo vivenciaram a experiência de forma muito positiva (Campanini & Rocha, 2017). Está apoiado também na análise de atividades que envolveram recursos cênicos distintos e tiveram objetivos e características diferentes, (Lopes, 2005; Palma, 2006; Andrade; Moreira &

Serra, 2012; Chinelli *et al*, 2012; Moreira & Marandino, 2015) nas quais os autores relatam boa recepção por parte do público.

Assim fundamentados, passamos a nos dedicar à elaboração de uma peça teatral de caráter científico com a finalidade de apresentá-la a públicos amplos, buscando com isso contribuir tanto com a educação formal quanto com a divulgação científica.

O texto, a montagem e a encenação

A peça “Lavoisier, da Alquimia à Química Moderna” (Moreira, Andrade, Chinelli, 2015), procurou descortinar aspectos da vida pessoal e profissional de Lavoisier: seu espírito intenso, sua atividade como cientista e sua personalidade combativa, que o levou a disputas políticas que culminaram com o desfecho trágico de sua vida.

Nossa metodologia teve como ponto de partida o estudo acerca do contexto histórico em que se desenvolveu o trabalho de Lavoisier como químico, com vistas à produção de um texto sintético e denso, porém rico o suficiente para subsidiar a elaboração de uma peça de teatro a ser encenada e avaliada pelo público. Em seguida, foi elaborado um roteiro base, a partir das experiências do primeiro autor como professor, ator e diretor de teatro. A partir desse primeiro texto foram acolhidas contribuições dos atores, que, à época, compunham o um grupo de teatro amador<sup>2</sup>. Essas contribuições foram apoiadas em leituras críticas e reflexões coletivas, visando manter a perspectiva histórica e garantir a clareza do texto, bem como aspectos que fossem lúdicos e despertassem emoções.

Os personagens principais são: Lavoisier; sua esposa Marie-Anne; Jacques Paulze, pai de Marie-Anne; e Jean-Paul Marat. Na figuração, ou em papéis de menor importância, temos: Senhora Veronique; Senhora Marquerite; Professor; Estudantes; Empregados; e revolucionários.

A peça é dividida em seis cenas, com cinco cenários, todos muito simples e fáceis de serem modificados: uma sala de aula; uma sala da Academia de Ciências francesa; a casa dos Paulze; a casa de Lavoisier e Marie-Anne; o Tribunal Revolucionário. Na encenação, os próprios atores movimentam as poucas peças do cenário (cadeiras, bancadas e/ou púlpitos, um carrinho com reagentes e instrumentos, um cavalete de pintura). Como recurso cênico, uma vez que se trata de teatro científico que tem o objetivo de tratar de uma história que foi definitiva para a evolução de conceitos químicos, algumas transformações químicas são exibidas para o público.

O processo de criação foi influenciado por diversos métodos de interpretação, incluindo o método de Stanislavski (1970, 1972), que enfatiza a ação física, objetivos e intenções dos personagens.

A seguir, apresentamos alguns fragmentos do texto, de modo a deixar mais claro do que trata a peça.

Cena1: Sala de aula de uma escola convencional. Os alunos estão agitados, não dão atenção à chegada do professor, que pretende abordar a Lei da Conservação das Massas, de Lavoisier.

[...]

Professor: *O que é que está acontecendo com vocês? Eu estou ensinando um conteúdo importante e vocês, além de dispersos, ficam fazendo piadinhas!*

Estudante 1: *Mas por que estamos falando desse homem com nome esquisito e que viveu no século XVIII?*

[...]

Professor (em tom conciliador): *Eu gostaria que vocês compreendessem que o mundo em que vivemos e os objetos que fazem parte de nosso cotidiano são frutos do esforço intelectual de vários homens de ciência, dos quais Lavoisier é um deles, considerado como o pai da Química moderna!*

[...]

---

<sup>2</sup> Trata-se do Grupo “Homúnculos”, da cidade de Niterói/RJ/BRA, constituído por quatorze jovens estudantes de Ensino Médio e universitários com experiências diversas no teatro.

Estudante 2: *Tudo bem, professor, mas o senhor poderia nos proporcionar algo mais interessante além do conteúdo que o senhor nos diz que é muito importante?*

Professor: *Estou escrevendo um esquete teatral e gostaria que vocês me ajudassem na montagem e encenação. Aceitam?*

[...]

Cena 2: Em uma sala da Academia de Ciências francesa está ocorrendo um debate entre um postulante a uma vaga na Academia - Monsieur Marat - com o presidente da Comissão responsável pelo julgamento e aprovação para novos ingressantes - Monsieur Lavoisier. (Marat está de pé, no púlpito, e Lavoisier, sentado. Um ajudante entra em cena com um carrinho onde se encontram reagentes e vidrarias).

[...]

Marat (à plateia): *- Eu gostaria de apresentar a minha teoria sobre o fogo e explicar o porquê de algumas coisas pegarem fogo e outras, não.*

(Marat realiza o experimento “Varinha Mágica”, que consiste em se provocar uma reação altamente exotérmica, cujo calor gerado é capaz de provocar a ignição de álcool etílico)

Marat: *A obtenção e a explicação do fogo sempre foram um desafio para a humanidade. (Mergulha uma varinha de madeira em ácido sulfúrico) *Espiritum aquafortis!* (passa a varinha em um recipiente com permanganato de potássio) *Espiritum terravitrabile!* (usa o calor liberado para provocar a combustão de algodão embebido em álcool, em placa de Petri) *Fiat lux!* (pausa de 2 segundos) *Mas agora isso não é mais um problema. Pela minha teoria, existe um princípio do fogo, um fluido ígneo, como um espírito contido nos materiais que queimam, e que se esvai no ar.**

Lavoisier (Irônico): *Monsieur Marat, as questões científicas não podem ser tratadas com devaneios. Não podemos mais criar entidades mágicas e transcendentais como espíritos para explicar os fenômenos. Temos que ser práticos e racionais.*

[...]

(Lavoisier realiza o experimento “Calcinação do magnésio”, que consiste na queima um pedaço de fita de magnésio no fogo gerado na combustão do álcool).

Lavoisier: *Monsieur Marat, nem sempre aquilo que é queimado diminui de peso. Quando queimamos um pedaço de magnésio, por exemplo, ele não fica mais leve, ao contrário, o produto da queima fica mais pesado!*

[...]

Cena 3: Jacques Paulze e sua filha Marie-Anne estão lendo na sala de casa.

[...]

Sra. Marguerite (entrando m cena): *Bonjour Monsieur, vim aqui tratar de um assunto muito importante.*

Pai (levantando-se): *E qual seria?*

Sra. Marguerite: *É verdade que sua filha vai se casar com o Conde Amerval?*

[...]

Sra. Marguerite: *Esse conde é um velho falido! Usa o título de nobreza que ele tem para se vangloriar! Não creio que ele seja a melhor opção para a Marie-Anne...*

[...]

Sra. Marguerite: *Bem... há um jovem investidor da Ferme Générale, que ganhou uma grande herança da mãe quando ainda era pequeno... Monsieur Lavoisier. O senhor o conhece? Ele é muito inteligente e criativo, fez diversas melhorias para nosso povo. Por falar em povo... O senhor já sabe do boato?*

Pai: *Que boato?*

Marguerite: *Estão dizendo que uma grande revolução está para começar! Imagine se isso for verdade! Todos poderão perder seus títulos de nobreza e o que este Conde Amerval possuiu é apenas um título. Pense Jacques... O que vale mais: um título ou a felicidade de sua filha?*

Cena 4: Lavoisier e Marie-Anne estão na sala de sua casa. Lavoisier posa como modelo para uma das pinturas de Marie-Anne. Barulhos vindos de fora assustam Marie-Anne.

Marie-Anne: *Você ouviu?*

(Lavoisier fixa a atenção, mas, imediatamente, revolucionários invadem a casa o levam preso).

Cena 5: Julgamento no Tribunal Revolucionário. Lavoisier está sentado com as mãos amarradas. Marat está no púlpito.

[...]

Marat: *O senhor é um charlatão que vive do trabalho alheio, inclusive das descobertas dos outros, apropriando-se das mesmas e apenas mudando os nomes! Foi assim com Priestley e Scheele, no caso do Oxigênio!*

Lavoisier: *Eu não me apropriei dos resultados destes cientistas. Soube reinterpretá-los à luz da minha teoria!*

[..]

Marat: *Que entre a primeira testemunha, o senhor Priestley!*

(Entra um senhor bem-vestido e sério).

Priestley (sem jeito, desconfortável): *Eu enviei todos os meus escritos para a senhora e o senhor Lavoisier, de boa vontade. Inclusive eu já fui muito bem recepcionado na casa deles, por várias vezes. Fui eu que isolei o gás que Lavoisier chama de Oxigênio, apenas não interpretei os resultados à sua maneira.*

[...]

Marat (Sentenciando): *Já está decidido. Que ele volte para a prisão ventilada, de que ele gaba como uma de suas melhorias, antes de ser decapitado pela guilhotina inventada por um de seus amigos da Academia, Monsieur Guillotin!*

(Lavoisier sai, levado pelos Revolucionários)

[...]

Cena 6: Volta à sala de aula.

Professor (Muito contente): - *Gente! As notas foram muito boas, estão todos aprovados!*

Alunos: (Comemoram, cantam, dançam, fazem festa).

Avaliação, pelo público, da peça “Lavoisier, da Alquimia à Química moderna”

Foram realizadas avaliações junto ao público com o objetivo de identificar os sentimentos despertados, as relações subjetivas e objetivas que os participantes estabeleceram com o texto e seu conteúdo. No entanto, avaliar a divulgação científica é uma tarefa desafiadora. Tendo por hipótese que haveria dificuldades em obter respostas, caso alguém se sentisse constrangido ou as questões exigissem maior dedicação por parte de quem acabou de sair do espetáculo, estabelecemos dois procedimentos que possibilitaram respostas anônimas, curtas e imediatas.

O primeiro deles usou como recurso a possibilidade de o público se manifestar através de imagens que expressavam sentimentos: panfletos, onde havia “carinhas” (Figura 1) com expressões faciais acompanhadas das seguintes afirmações: “Fiquei curioso”, “Aprendi muitas coisas”, “Fiquei emocionado”, “Fiquei decepcionado”, “Entrei numa aventura” e “Fiquei surpreso”. O material, já recortado, foi disposto em pranchetas, e o espectador podia escolher a “carinha” que mais representava sua impressão sobre a peça, destacando-a. Desta forma, ao sabermos quantas “carinhas” colocamos à disposição e quantas sobraram, conseguimos quantificar as escolhas do público.

**Figura 1: Recurso usado na avaliação da peça de teatro “Lavoisier, da Alquimia à Química Moderna”:**

<p>Lavoisier, da Alquimia à Química Moderna</p> <p>Com esta peça...</p> <p><b>FIQUEI SURPRESO (A) !!</b></p> 	<p>Lavoisier, da Alquimia à Química Moderna</p> <p>Com esta peça...</p> <p><b>FIQUEI DECEPCIONADO (A) ...</b></p> 	<p>Lavoisier, da Alquimia à Química Moderna</p> <p>Com esta peça...</p> <p><b>FIQUEI CURIOSO (A) ...</b></p> 
<p>Lavoisier, da Alquimia à Química Moderna</p> <p>Com esta peça...</p> <p><b>APRENDI MUITAS COISAS !</b></p> 	<p>Lavoisier, da Alquimia à Química Moderna</p> <p>Com esta peça...</p> <p><b>FIQUEI EMOCIONADO (A) ...</b></p> 	<p>Lavoisier, da Alquimia à Química Moderna</p> <p>Com esta peça...</p> <p><b>ENTREI NUMA AVENTURA !!</b></p> 

Fonte: Os autores

Outra etapa da avaliação envolveu a utilização de seis folhas de papel Kraft (60cm x 90cm) colados como um mural na porta do teatro, cada uma com uma versão ampliada das “carinhas” que estávamos usando para avaliar, acompanhada de uma pergunta: “Aprendi muitas coisas! O que?”; “Fiquei surpreso! Com o quê?”; “Fiquei decepcionado! Por quê?”; “Fiquei curioso! Com o quê?”; “Fiquei emocionado! Com o quê?”; “Entrei numa aventura! Qual?”. Canetas hidrográficas foram disponibilizadas. Com isso, os que desejassem poderiam responder, por escrito, às perguntas colocadas.

Estimamos, a partir da lotação dos teatros em que estivemos, que o público total em 11 (onze) apresentações foi de cerca de 1200 (mil e duzentos) espectadores. Desses, 520 (quinhentos e vinte) se manifestaram através das “carinhas” e 56 (cinquenta e seis) escreveram suas percepções e sentimentos nas folhas de papel.

Tivemos 131 pessoas manifestando-se com a expressão “Aprendi muitas coisas”. Podemos assim interpretar que 25% dos que responderam através das “carinhas” não conheciam a história de Lavoisier ou os conhecimentos envolvidos na transição dos conceitos alquímicos para as teorias químicas modernas, mas que a peça proporcionou que aprendessem. Outras, 112, manifestaram-se com a expressão “Fiquei surpreso”, mas a expressão não nos permitiu identificar o que, por fim, as teria surpreendido. Para interpretar esse dado usamos as respostas escritas no mural.

Quanto às demais manifestações, três delas sugeriam emoções positivas, o que pode contribuir com aprendizados futuros, uma vez que “existindo suficiente emoção em uma determinada experiência, somos capazes de registrá-la na memória e de ativá-la posteriormente” (Machado, 2023, p. 64). Estas manifestações ocorreram da seguinte forma: 100 respostas com a escolha de “Entrei numa aventura”; 97 afirmando “Fiquei emocionado”; e 80 respostas com a

opção “Fiquei curioso”. Estas manifestações somam 277 respostas, correspondendo a 53% do total. Nenhuma pessoa manifestou-se dizendo “Fiquei decepcionado”.

Com relação ao que foi expresso por escrito, no mural, nas respostas à questão “Aprendi muitas coisas! O que?”, os aprendizados mais mencionados foram sobre a Teoria do Oxigênio e sobre a disputa entre Alquimia e Química. Mas também surgiram comentários como “Vi uma nova maneira de ensinar” e “Aprendi que aprender na escola é chato, e aqui foi divertido” as quais indicam que o formato artístico proporcionou uma nova perspectiva para o aprendizado.

As respostas à questão “Fiquei surpreso! Com que?” mostraram que o que mais surpreendeu o público foi a habilidade dos atores e a transformação de um tema químico em uma peça de teatro. Comentários como: “Fiquei surpresa porque não imaginei que um assunto que para mim sempre foi chato, Química, pudesse ser interessante ao ser abordado em uma peça” e “Ótimos atores, feliz surpresa”, refletem estas impressões.

As respostas à questão “Fiquei curioso! Com que?” vieram ao encontro de um dos principais objetivos da divulgação científica, que é justamente despertar a curiosidade e incentivar o interesse no tema abordado. Algumas frases diziam: “Vou pesquisar mais sobre o assunto”; “Quero saber mais sobre a história contada”; “Fiquei curiosa em ver a Química em cena”.

Na questão “Entrei numa aventura! Qual?”, as respostas mostram que os participantes valorizaram a abordagem lúdica e contextualizada da peça, com frases como “Mostrar de forma lúdica a interdisciplinaridade entre Ciência e Arte” e “Contexto muito cativante”.

Quanto à questão “Fiquei emocionado! Com que?”, as percepções expressas pelos participantes destacaram a trama da peça e o talento dos atores. Frases como “Emocionado com a trama” e “Fiquei emocionada com tanta expressão de talento” são exemplos disso.

Por fim, no cartaz “Fiquei decepcionado! Por quê?”, houve apenas uma resposta: “Com a curta duração da peça.” Isso sugere que a pessoa que respondeu gostou muito da peça, subvertendo o objetivo da pergunta, que era encontrar aspectos a melhorar no texto e na encenação.

Em vista desta receptividade, nos permitimos afirmar a importância de se levar a público um espetáculo teatral de caráter socio científico como contribuição para a divulgação científica e para o ensino formal de Ciências.

#### Considerações finais

Enquanto, utopicamente, sonhamos com uma escola que desenvolva nos alunos capacidades reflexivas e habilidades participativas para que se movimentem em direção a uma vida melhor, pessoal e comunitariamente, na prática, em poucas oportunidades abrimos espaço para que seja assim. É muito frequente que neguemos aos nossos alunos a possibilidade de uma formação que

inclua as emoções das descobertas e todo o humanismo que está, não atrás, mas ao lado da exatidão racional.

O prazer da aventura, que tanto nos comove e desperta interesse, está muitas vezes ausente das salas de aula. É como se, por trás das teorias, não houvesse homens que viveram suas vidas de forma plena, com alegrias e fracassos, disputando conceitos e enfrentando os preconceitos do seu tempo.

Será esse o elo perdido da educação em Ciências, que justifica fracassos e dificuldades tantas vezes apontados? A exclusão, a compartimentação, o reducionismo que nega o que há de humano na produção científica e coloca em prática uma educação na qual só as regras e leis são importantes?

*Esse racionalismo é muito belo, mas não tem VIDA.*

*(Morin, 2020, p. 121).*

#### Referências

Andrade, L. A. B.; Moreira, N. S. & Serra, A. A. (2012). O Cinema e o Ensino de Ciências: Relato de uma experiência. *Revista Aleph*, VI (17), 110-123. <https://doi.org/10.22409/revistaleph.v0i17.38972>

Araujo-Jorge, T.; Trajano, V. & Mello, M. (orgs). (2023). *Ciência e arte no ensino em biociências e saúde*. CRV

Bell, M. S. (2007). *Lavoisier no Ano Um: nascimento de uma nova ciência numa era de revolução*. Companhia das Letras

Campanini, B. D. & Rocha, M. B. (2017). Ciência e Arte: contribuições do teatro científico para o ensino de ciências em atas do ENPEC. *Anais do XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*.

Chapela, A. & Garritz, A. (2013). Ciencia en escena: Tres acercamientos a la Química. *Educación química*, 24(3), 262-267. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(13\)72472-8](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(13)72472-8)

Chinelli, M. V.; Pereira, G. R.; Ferreira, M. V. S. & Aguiar, L. E. V. (2012). “O Mágico e a Química”: relato de uma experiência com teatro e interatividade na divulgação e popularização da química. *Anais do VII Congreso Internacional Didácticas de las ciencias/XII Taller Internacional sobre la Enseñanza de la Física*.

Figueira-Oliveira, D.; De La Rocque, L. R.; Meirelles, R. M. S. & Cachapuz, A. F. C. (2018). Ciência e Arte como competência pedagógica para formação de professores. *Revista Ciências & Ideias*, 9(1), 115-128. <https://doi.org/10.22407/2176-1477/201.v9i1.738>

Freire, P. (1988). *Pedagogia do oprimido*. Paz e Terra.

- Galván-Madrid, J. L. (2011). La química y el arte: ¿Cómo mantener el vínculo? *Educación química*, 22(3), 207-211. DOI: 10.1016/0187-893X(18)30136-8
- Greenberg, A. (2009). *Uma breve história da Química: da Alquimia às ciências moleculares modernas*. Edgard Blücher.
- Heliodora, B. (2008). *O teatro explicado aos meus filhos*. Agir.
- Kuhn, T. (1991). *A estrutura das revoluções científicas*. Perspectiva
- Lopes, T. (2005). Luz, arte, ciência... ação! *História, Ciências, Saúde – Manguinhos*, 12(suplemento), 401-418. <https://doi.org/10.1590/S0104-59702005000400021>
- Maar, J. H. (1999). *Pequena História da Química*. Papa Livros.
- Machado, M. S. O. (2023). *O papel das emoções na consolidação da aprendizagem*. [Mestrado, Universidade Federal de Lavras]. [http://177.105.2.222:8080/bitstream/1/59452/1/DISSERTA%c3%87AO\\_O%20papel%20das%20emo%c3%a7%c3%b5es%20na%20consolida%c3%a7%c3%a3o%20da%20aprendizagem.pdf](http://177.105.2.222:8080/bitstream/1/59452/1/DISSERTA%c3%87AO_O%20papel%20das%20emo%c3%a7%c3%b5es%20na%20consolida%c3%a7%c3%a3o%20da%20aprendizagem.pdf)
- Moreira, L. M. & Marandino, M. (2015). Teatro de temática científica: conceituação, conflitos, papel pedagógico e contexto brasileiro. *Ciência & Educação*, 21(2), 511-523. <http://dx.doi.org/10.1590/1516-731320150020015>
- Moreira, N. S.; Andrade, L. A. B. & Chinelli, M. V. (2015). Lavoisier, da Alquimia à Química Moderna: teatro para a popularização científica e a educação em ciência. *No prelo*. Registro nº 36472/6 - Fundação Biblioteca Nacional.
- Morin, E. (2020). *A aventura de “O Método” e Para uma racionalidade aberta*. Edições SESC.
- Oliveira, U. A. S. M. (2013). O teatro épico e as peças didáticas de Bertolt Brecht: uma abordagem das mazelas sociais e a busca de uma significação política pelo teatro. *Anais do Simpósio da International Brecht Society*.
- Palma, C. (2006). Arte e ciência no palco: Entrevista concedida a Luisa Massarani e Carla Almeida. *História, Ciências, Saúde – Manguinhos*, 13(suplemento), 233-246. <https://doi.org/10.1590/S0104-59702006000500014>
- Ruta, C.; Carvalho, R. S. F. Z. & Paula, M. S. (2024/09/16). Conexões entre ensino, ciência e arte: 18 anos de projeto Scientificarte. *Fórum UFRJ em Revista*. <https://emrevista.forum.ufrj.br/scientificarte-desenhando-o-futuro-da-educacao-em-ciencia-e-arte/>
- Sant’Ana, C. F. & Moreira, L. M. (2021). Possibilidades do teatro científico no ensino de química: Uma revisão de pesquisas nacionais dos últimos 5 anos. *Scientia Naturalis*. 3(2), 399-412. <https://doi.org/10.29327/269504.3.2-2>

Santos, W. L. P. (2007). Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios. *Revista Brasileira de Educação*. 12(36), 474-492. [http://educa.fcc.org.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-24782007000300007&lng=pt&tlng=pt](http://educa.fcc.org.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-24782007000300007&lng=pt&tlng=pt).

Silva, J. A. P. & Nardi, R. (2017). Formação de professores: abordagens metodológicas na arte e na ciência. *Formação Docente*, 09(17), 11-28. <https://doi.org/10.31639/rbfp.v9i17.149>

Stanislavski, C. (1970). *A Construção da Personagem*. Civilização Brasileira.

Stanislavski, C. (1972). *A Criação de um Papel*. Civilização Brasileira.

## 4. DISCUSSÃO

A discussão geral aqui apresentada pretende interligar, conceitualmente, os três artigos anexados no corpo desta Tese, seguindo a ordem cronológica de suas publicações ou de suas respectivas aceitação e submissão. Feita esta escolha, iniciaremos pela Cartografia histórica da Química (Artigo 1), publicado em abril de 2025 na Revista Caderno Pedagógico, classificada pelo Qualis/ CAPES como A2. Na sequência, discutiremos o Artigo II - Reflexões sobre desinformação e fakenews a partir da história da ciência: Lições de Arquimedes e Lavoisier, submetido e aceito para publicação em 03/12/2025 na Revista Observatório, classificada pelo *Qualis* CAPES, também como A2. Com este Artigo 2, ressaltaremos a contribuição do mesmo para a ideia central de nossa Tese, qual seja, articulação da história da ciência com a educação, com a divulgação científica, sem deixar de problematizar os fenômenos que nos comprometem negativamente na contemporaneidade como as fakenews e a desinformação. Por último, discutiremos a peça teatral, intitulada Lavoisier, da Alquimia à Química Moderna: Teatro Integrando Ciência, Arte e Educação, como um exemplo integrativo entre o lúdico, o ensino de química e a divulgação científica. Outro ponto importante que decorre desta discussão geral é a interdisciplinaridade. Ressaltamos, logo de início, que ela não deve ser compreendida como uma mera justaposição de conteúdos, mas, de forma relevante, como uma construção de sentidos compartilhados entre diferentes campos do saber, especialmente a história da ciência, com ênfase na química, a educação e a divulgação científica. A arte, da mesma forma, não ocorre simplesmente como uma ilustração da ciência, mas, sobretudo, a criação de novos espaços de interpretação, sensibilidade e engajamento cognitivo e crítico. Esse ponto é central: a arte não serve apenas para “decorar” conteúdos, mas para criar mediações cognitivas, afetivas e culturais que fortalecem a aprendizagem de conteúdos e processos.

Assim, com a construção da Cartografia histórica como uma ferramenta epistêmica da organização integrativa de conteúdos relativos à química, destacamos que ela auxilia não apenas na organização de conteúdos, mas também, na reflexão sobre o longo processo de construção do conhecimento químico, antes mesmo dele ser institucionalizado como ciência moderna, com o trabalho de Lavoisier, no século XVIII. A paisagem conceitual, materializada com a Cartografia, permite ao observador fazer deslocamentos rápidos na verticalidade do tempo e na horizontalidade das diferentes culturas que, ao longo da história, aprimoraram o conhecimento químico. Embora esta verticalidade e horizontalidade seja visível e facilmente identificada pelo aprendiz ao contemplar a paisagem pictórica da Figura 1, do Artigo 1, ela não oferece subsídios para o aprofundamento histórico que foi mostrado no Artigo 2, usando a dialética como ferramenta de

análise. Iniciamos este aprofundamento ao mostrar que o movimento dialético, tomando como referência o pensamento de Aristóteles, tão distante no tempo (século IV a.C.) mas tão presente no senso comum da humanidade, por quase dois milênios, dificultava o avanço nas pesquisas. Uma leitura crítica deste artigo poderia questionar este tempo excessivo de inserção do pensamento aristotélico na tríade dialética, como um anacronismo. Ainda que esta crítica seja relevante, por tocar no cerne de como fazemos análise dialética com a história das ideias, a objeção não invalida a análise dialética, mas nos instiga a refiná-la. É preciso ressaltar, neste contexto da discussão, que Aristóteles, vivendo na Grécia Antiga, não fazia parte da rede de conversações dos químicos do século XVIII. Assim, inserir Aristóteles como a "tese" poderia ser visto como forçar um quadro conceptual (dialético) sobre uma realidade histórica que era mais desordenada. Stahl não estava pensando explicitamente em refutar Aristóteles; ele estava tentando explicar observações empíricas de sua época. Assim, o uso da dialética que propusemos é para analisar sistemas de pensamento e paradigmas dominantes e, não necessariamente, uma cadeia causal estrita de influências pessoais. Assim, a tese não é Aristóteles, mas sim o paradigma aristotélico. É preciso entender que o paradigma dominante para entender que a matéria e o fogo por mais de um milênio foi a teoria dos quatro elementos e a versão mais influente e sistematizada desse paradigma no mundo ocidental foi, de fato, a de Aristóteles. Esse paradigma não morreu com Aristóteles, ele foi a base do pensamento alquímico e da filosofia natural até o Renascimento. Todo químico ou alquimista educado, mesmo no século XVII, conhecia e operava dentro (ou contra) esse quadro conceptual. Era o senso comum científico da época. Destarte, a antítese do flogístico surge para resolver as contradições internas da tese. A teoria do flogístico foi uma tentativa de criar uma teoria química, mesmo que primitiva, como um princípio, e não mais filosófica, para explicar o que a teoria dos quatro elementos não conseguia: a transformação sistemática da matéria na combustão e calcinação. Ela é uma negação determinada do paradigma anterior porque nega a ideia de que o fogo é um elemento estático. Mesmo que um químico do século XVIII não lesse Aristóteles diretamente, ele estava imerso em uma cultura intelectual que havia absorvido e naturalizado os conceitos aristotélicos sobre os elementos. A "sombra" de Aristóteles ainda estava lá, não como uma citação, mas como a estrutura invisível sobre a qual novas ideias eram construídas. Assim, não criamos um link causal direto entre Aristóteles e Stahl mas sim da estrutura conceptual que a teoria do flogístico veio desafiar e substituir a ideia de elemento estático. Assim, a teoria do flogístico não foi uma refutação pontual de Aristóteles, mas uma teoria nova para novos problemas e com eles novas perguntas e novas abordagens, agora experimentais e não mais transcendentais ou filosóficas. O "elemento fogo" de Aristóteles precisava ser superado para que a química alquímica surgisse e, na sequência, a química moderna. É interessante pensar que, embora

carregada de falhas, inversões e equívocos, a antítese representou um avanço momentâneo e crucial para a pesquisa naquele período histórico. Ao negar a concepção de elemento (tese) estimulou a pesquisa química e permitiu numerosas descobertas, conquistando adeptos notáveis como Cavendish (1731–1810), Scheele (1742–1786) e Priestley (1733–1804), entre outros. Como nos ensina Bachelard (1985), o conhecimento científico é dialético por natureza. Assim, não por acaso, mas como consequência do próprio movimento dialético, foram justamente as pesquisas desses mesmos cientistas — inicialmente defensores do flogístico — que produziram os dados empíricos que, posteriormente, foram utilizados por Lavoisier para construir uma síntese que superou a contradição vigente daquela época e erigiu um novo paradigma conhecido hoje como a Química Moderna. Este legado não beneficia somente a pesquisa, mas, também, o ensino escolar e de laboratório. Embora os dois artigos (1 e 2) discutidos até aqui, tenham sido elaborados com uma preocupação educativa para discentes e docentes, os jargões técnicos e o conteúdo denso dos mesmos não facilitam as suas respectivas utilizações na divulgação científica. Assim, a peça teatral baseada na vida e obra de Antoine-Laurent Lavoisier (Artigo 3), foi pensada para sensibilizar estudantes, mas também, o grande público. Neste sentido, o teatro mostrou-se um instrumento especialmente potente pois permite uma reconstrução sensível e dramatúrgica de dilemas, personagens e conflitos científico e humanos. O engajamento dos estudantes nas atividades cênicas confirmou o que parte da literatura sugere: a estética facilita a apropriação de conceitos abstratos ao torná-los mais próximos da experiência humana. A peça teatral sobre Lavoisier, desenvolvida a partir de sua vida e obra, contribuiu para deslocar o estudante de uma posição tradicionalmente passiva para uma participação ativa e interpretativa. Além disso, o processo de preparação e discussão das cenas possibilitou que os participantes acessassem noções ligadas à natureza da ciência — tais como o papel das controvérsias, a importância dos instrumentos, os limites das teorias e a relação entre ciência e sociedade. Do mesmo modo, os relatos coletados indicam que o público passou a perceber a Química como um campo dinâmico, historicamente situado e vinculado a práticas culturais, e não apenas como um conjunto de fórmulas e leis descontextualizadas.

No que diz respeito à formação docente, a pesquisa sugere que estratégias integradoras — especialmente aquelas que dialogam com a arte — podem favorecer a ampliação do repertório pedagógico, estimulando práticas mais criativas, dialógicas e contextualizadas.

A análise do conjunto de nossa pesquisa revelou, que o encontro da ciência e arte é muito potente, especialmente na forma de teatro, ao criar novos espaços de interpretação, sensibilidade e crítica. Por fim, acreditamos que esta discussão geral possa dar subsídios para repensar o ensino de Química a partir de uma perspectiva mais lúdica, histórica e cultural. As experiências analisadas

nesta tese demonstram que estratégias como o teatro científico e a cartografia conceitual contribuem para aproximar o estudante do universo da ciência, favorecendo aprendizagens significativas, maior engajamento e uma relação menos instrumentalizada do conhecimento químico.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente Tese procurou articular ciência, arte e ensino de Química a partir de uma abordagem histórico-conceitual, com ênfase na trajetória de Antoine-Laurent Lavoisier e nas potencialidades do teatro científico como ferramenta de divulgação científica e aprendizagem. Ao percorrer o trajeto delineado por este trabalho, tendo a paisagem conceitual como fio condutor, chegamos ao momento de explicitar nossas considerações finais.

Ao investigar distintos momentos da história da Química, buscamos uma compreensão mais profunda e humana do conhecimento científico. A Cartografia Histórica da Química mostrou-se, nesse contexto, tanto como ferramenta de sistematização de conteúdos quanto de ampliação da mirada pelas diferentes paisagens conceituais exploradas. Os deslocamentos verticais no tempo e horizontais entre as diferentes culturas que fazem parte da história da química, desde os tempos arcaicos até a fundação da Química Moderna, oferecem uma visão que desnaturaliza conceitos estáticos, revelando-os como conquistas históricas e não como verdades incontestes.

No entanto, é com a análise dialética, exemplificada pela transição da compreensão do fogo, enquanto elemento constitutivo, passando pelo flogístico, até a síntese das reações de oxidação proposta por Lavoisier, que a epistemologia se mostra profícua na análise histórica. Este exercício não apenas supera a acusação de anacronismo, mas avança ao demonstrar que o conhecimento é um processo de superação contínua, onde cada antítese, mesmo equivocada, carrega em si o germe do progresso ao forçar a reformulação das perguntas e a sofisticação dos métodos.

Foi justamente essa riqueza narrativa, dramática e humana, inerente ao processo científico, que a peça teatral sobre Lavoisier conseguiu capturar e transmitir. O teatro mostrou-se o instrumento ideal para operacionalizar a interdisciplinaridade, não como uma justaposição de conteúdos, mas como uma fusão genuína de sentidos. Ao vestir a pele de Lavoisier e de seus contemporâneos, os estudantes não decoraram a teoria do oxigênio, mas, de forma lúdica, a vivenciaram como um drama humano — um conflito de paradigmas repleto de paixão, contradições, disputas e genialidade. A investigação demonstrou que a integração entre elementos históricos, contextualização conceitual e recursos artísticos amplia significativamente as possibilidades de compreensão da Química, especialmente quando associada a práticas pedagógicas que valorizam a experiência estética, o engajamento do estudante e a construção coletiva do conhecimento. A arte, neste contexto, cumpriu seu papel mais elevado, qual seja, o de

criar uma mediação cognitiva e afetiva que transforma conceitos abstratos em experiências memoráveis e significativas.

A avaliação realizada junto aos participantes das atividades teatrais reforçou a ideia de que a arte pode atuar como mediadora de processos cognitivos complexos, sobretudo em disciplinas frequentemente percebidas como áridas, como é o caso da Química. Ao incorporar em nosso estudo uma análise epistemológica e a arte teatral como estratégia pedagógica, buscamos não somente o aprimoramento do ensino, mas, sobretudo, o reencantamento da relação docente com o ser do educando, ao restituir-lhes a dimensão de aventura intelectual e cultural que lhes é inerente no processo ensino-aprendizagem.

Por fim, esta Tese reforça a convicção de que, para enfrentar os fenômenos retrógrados — tais quais o negacionismo, a desinformação e as *fakenews* —, exige-se mais do que a mera enunciação de fatos corretos. Exige-se a formação de um espírito crítico alimentado pela compreensão de como o conhecimento é construído, com seus percalços, reviravoltas e revoluções. A alfabetização dialética sugerida por este trabalho é, portanto, um antídoto educacional e cultural. Ao aprender que a ciência é um edifício em constante reforma, e não um monumento estático, estudantes e cidadãos em geral estarão melhor equipados para navegar no complexo ecossistema da cultura científica do século XXI, distinguindo o processo robusto e autocorretivo da ciência da estagnação dogmática das *fakenews*.

Dessa forma, articular história, ciência e arte deixa de ser uma opção metodológica para tornar-se um imperativo ético e pedagógico, essencial para a formação de uma sociedade verdadeiramente esclarecida. Em síntese, esta tese evidencia que o encontro entre ciência e arte não apenas enriquece o ensino, mas também contribui para formar sujeitos críticos, sensíveis e capazes de compreender a complexidade do mundo contemporâneo. O teatro — enquanto linguagem e prática — surge como caminho potente para renovar o ensino de Química e fortalecer a divulgação científica, reafirmando seu papel na formação humana, cultural e social.

Contudo, este ponto de chegada também se constitui como uma pausa reflexiva, uma síntese provisória e inacabada, pronta para recomeçar. Nesta perspectiva, um ponto temático passível de investigação foi apontado durante a Qualificação desta Tese, qual seja: a ciência moderna é exclusivamente eurocêntrica? Já sabemos da intensa circulação de conhecimentos entre a Europa e a Ásia, mas nos perguntamos agora sobre a circulação de conhecimentos entre a Europa e o Novo Mundo, mesmo levando em conta a brutalidade da colonização, no âmbito da qual a circulação assimétrica se caracterizava como pura apropriação. Um novo trabalho investigativo nesse

sentido pode ser importante para ressaltar contribuições advindas de outras matrizes epistemológicas, investigando como os saberes e as práticas químicas do restante continente africano e do sul-americano, especialmente dos ourives, tintureiros e artesãos, que foram apropriados pelos europeus e incorporados à monumental construção do conhecimento químico.

Os povos pré-colombianos desenvolveram um conhecimento químico empírico profundo, intimamente ligado a suas tecnologias, arte, medicina e vida cotidiana. Esse conhecimento não estava organizado na estrutura teórico-experimental da química moderna ocidental, mas manifestava-se em um domínio prático e altamente eficaz de processos e transformações materiais — na metalurgia, ourivesaria, pigmentação, cerâmica, processamento de alimentos e bebidas fermentadas, farmacopeia e medicina, além das técnicas de produção de argamassa para construções.

Assim, podemos antever que uma infinidade de materiais, técnicas e substâncias que seriam objetos de estudo e impulso para a química moderna já eram manipulados e aperfeiçoados por povos pré-colombianos, à semelhança das diferentes tradições alquímicas do Velho Mundo. Muitas vezes, esse conhecimento foi descontextualizado de seu sistema de origem e apenas sua utilidade prática foi absorvida, sem o reconhecimento de sua profundidade intelectual. Investigar essas contribuições é fundamental para descentrar a história da química e mostrar que ela é o resultado de um fluxo global de conhecimentos, ainda que marcado por relações desiguais de poder.

## 6. BIBLIOGRAFIA.

ALFONSO-GOLDFARB, A. M. Da Alquimia à Química: Um estudo sobre a passagem do pensamento mágico-vitalista ao mecanismo. São Paulo: Landy Editora, 2005.

ALVAREZ, J.; PASSOS, E. Cartografar é habitar um território existencial. In: PASSOS, E.; KASTRUP, V.; ESCÓSSIA, L. da (Org.). Pistas do método da cartografia: pesquisa-intervenção e produção de subjetividade. Porto Alegre: Sulina, 2009. p. 131-149.

ANDRADE, L. A. B. Conhecimento é caminho: da metáfora ao mecanismo gerativo. *Ciências & Cognição*, v. 23, n. 1, p. 117-137, 2018.

ANDRADE, L. A. B. Paisagem Conceitual: construção teórica e sua utilização na educação. *RevistAleph*, n. 32, p. 178-199, 2019.

ANDRADE, L. A. B.; MOREIRA, N. S.; SERRA, A. A. O Cinema e o Ensino de Ciências: relato de uma experiência. *Revista Aleph*, v. 6, n. 17, p. 110-123, 2012. DOI: <https://doi.org/10.22409/revistaleph.vol.17.38972>.

ARAUJO-JORGE, T.; TRAJANO, V.; MELLO, M. (Orgs.). *Ciência e arte no ensino em biociências e saúde*. Curitiba: CRV, 2023.

ARQUIMEDES. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/tex/fis01043/20012/Severo/arquimedes.html>. Acesso em: 08 abr. 2024.

BACHELARD, G. *A chama de uma vela*. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1989.

BACHELARD, G. *A formação do espírito científico*. Rio de Janeiro: Zahar, 1938.

BACHELARD, G. *O novo espírito científico*. Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro, 1977.

BACHELARD, G. *O racionalismo aplicado*. Rio de Janeiro: Zahar, 1949.

BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. São Paulo: Edições 70, 2011.

BELL, M. S. *Lavoisier no Ano Um: nascimento de uma nova ciência numa era de revolução*. São Paulo: Companhia das Letras, 2007.

BOAL, A. *Teatro do Oprimido e outras poéticas políticas*. São Paulo: Cosac Naify, 2013.

BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. *Investigação qualitativa em educação*. Porto: Porto Editora, 1994.

BLOIS, M. M. *Reencontros com Paulo Freire e seus amigos*. Niterói: Fundação Euclides da Cunha, 2005.

CACHAPUZ, A. et al. *A necessária renovação do ensino das ciências*. São Paulo: Cortez, 2011.

- CAMPANINI, B. D.; ROCHA, M. B. Ciência e Arte: contribuições do teatro científico para o ensino de ciências. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 11., 2017, Florianópolis. Anais [...]. Florianópolis: ABRAPEC, 2017.
- CARVALHO, I.; TEIXEIRA, G. A. P. B. Letramento e multiletramentos entre informação e fakes news. In: PÔRTO JR, G.; ANDRADE, L. A. B.; SOUZA, D. M. (Orgs.). Ensino, Comunicação e Desinformação: vol. 2 – Letramento e Educação Midiática\*\*. Palmas: Observatório Edições, 2024. p. 57-80.
- CHALMERS, A. O que é ciência, afinal? São Paulo: Brasiliense, 1993.
- CHAPELA, A.; GARRITZ, A. Ciencia en escena: tres acercamientos a la Química. Educación Química, v. 24, n. 3, p. 262-267, 2013. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(13\)72472-8](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(13)72472-8).
- CHAUÍ, M. Convite à Filosofia. São Paulo: Ática, 2003.
- CHINELLI, M. V. et al. “O Mágico e a Química”: relato de uma experiência com teatro e interatividade. In: CONGRESO INTERNACIONAL DIDÁCTICAS DE LAS CIENCIAS, 7., 2012, Havana. Anais [...]. Havana: 2012.
- CURY, C. R. J. Educação e contradição. 6. ed. São Paulo: Cortez, 1989.
- DEWEY, J. Essays in experimental logic. New York: Dover publications, 444p. 1953.
- DEWEY, J. Experience and nature. New York: Dover Publications, Inc., 443p., 1958.
- ELIADE, M. Ferreiros e Alquimistas. Rio de Janeiro: Zahar, 1979.
- FERNANDES, R. S.; GREGÓRIO, J. R. O ensino e aprendizagem em Química. In: ENCONTRO DE DEBATES SOBRE O ENSINO DE QUÍMICA, 42., 2023, Porto Alegre. Anais [...]. Porto Alegre: UFRGS, 2023.
- FIGUEIRA-OLIVEIRA, D. et al. Ciência e Arte como competência pedagógica. Revista Ciências & Ideias, v. 9, n. 1, p. 115-128, 2018. DOI: <https://doi.org/10.22407/2176-1477/201.v9i1.738>.
- FOUCAULT, M. A arqueologia do saber. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2008.
- FOUCAULT, M. A ordem do discurso. São Paulo: Loyola, 1996.
- FREIRE, P. Educação como prática da liberdade. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1969.
- FREIRE, P. Pedagogia do Oprimido. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1970.
- FREIRE, P. Pedagogia da autonomia. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1998.
- FREIRE, P. Extensão ou comunicação? 12. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2002.
- GALVÁN-MADRID, J. L. La química y el arte. Educación Química, v. 22, n. 3, p. 207-211, 2011. DOI: [10.1016/0187-893X\(18\)30136-8](https://doi.org/10.1016/0187-893X(18)30136-8).

GOMES, S. F.; PENNA, J. C. B. O.; ARROIO, A. Fake News científicas. *Ciência & Educação*, v. 26, p. 1-13, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1516-731320200018>.

GREENBERG, A. Uma breve história da Química. São Paulo: Edgard Blücher, 2009.

GUAZINA, L.; AMORETTI, F. Mapeamento de iniciativas para combater a desinformação online. In: PÔRTO JR, G.; CASTRO, H. C.; SILVA, S. S. C. (Orgs.). *Ensino, Comunicação e Desinformação: vol. 1*. Palmas: Observatório Edições, 2024.

HEGEL, Georg Wilhelm Friedrich. *Princípios da Filosofia do Direito*. Tradução de Orlando Vitorino. São Paulo: Martins Fontes, 2003.

HEGEL, Georg Wilhelm Friedrich. *Fenomenologia do Espírito*. Tradução de Paulo Meneses. Petrópolis: Vozes, 2014.

HELIODORA, B. *O teatro explicado aos meus filhos*. Rio de Janeiro: Agir, 2008.

JASPERS, K. *Origen y meta de la Historia*. Madrid: Alianza Editorial, 1980.

KUHN, T. *A estrutura das revoluções científicas*. São Paulo: Perspectiva, 1991.

LAVOISIER, A. L. *Tratado elementar de química*. São Paulo: Madras, 2007.

LIPSCHER, J. Reflexões sobre desafios no ensino de Química. *CHIMIA*, v. 77, p. 659-662, 2023.

LOPES, T. Luz, arte, ciência... ação! *História, Ciências, Saúde – Manguinhos*, v. 12, supl., p. 401-418, 2005.

MAAR, J. H. *Pequena História da Química*. Florianópolis: Papa Livros, 1999.

MACHADO, M. S. O. *O papel das emoções na aprendizagem*. 2023. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2023.

MAQUIAVEL, N. *O príncipe*. São Paulo: Penguin/Companhia das Letras, 2010.

MATTHEWS, M. R. *História, filosofia e ensino de ciências*. *Cadernos Catarinenses de Ensino de Física*, v. 11, n. 3, p. 171-214, 1994.

MATURANA, H. *A ontologia da realidade*. Belo Horizonte: UFMG, 1997.

MATURANA, H. *Cognição, ciência e vida cotidiana*. Belo Horizonte: UFMG, 2001.

MATURANA, H. *Emoções e linguagem na educação e na política*. Belo Horizonte: UFMG, 2002.

MATURANA, H.; VARELA, F. *A árvore do conhecimento*. Campinas: Psy II, 1995.

MEDRÁN, A. No reino da pós-verdade. *Uno*, n. 27, p. 33-35, 2017.

MORIN, E. *A aventura de O Método e Para uma racionalidade aberta*. São Paulo: SESC, 2020.

MOREIRA, L. M.; MARANDINO, M. Teatro científico no ensino de química. *Ciência & Educação*, v. 21, n. 2, p. 511-523, 2015.

MOREIRA, N. S.; ANDRADE, L. A. B. Cartografia Histórica para o Ensino de Química: Das técnicas arcaicas de transformação da matéria à química moderna. *Caderno Pedagógico*. V. 22, n.6-242. 2025. <https://doi.org/10.54033/cadpedv22n6-242>

MOREIRA, N. S.; ANDRADE, L. A. B. Reflexões Sobre Desinformação e Fake News a Partir da História da Ciência: Lições de Arquimedes e Lavoisier. *Revista Observatório*, [S. l.], v. 11, n. 1, p. a27. DOI: <https://doi.org/10.20873/uft.2447-4266.2025v11n1a27pt.2288> 2025

MOREIRA, N. S.; ANDRADE, L. A. B.; CHINELLI, M. V. Lavoisier, da Alquimia à Química Moderna. No prelo. Depósito na Biblioteca Nacional 36472/6, 2015.

NICOLI, T. Estudante tem “momento eureka”. *CNN News*, 2024. Disponível em: [URL da notícia]. Acesso em: [data de acesso].

OLIVEIRA, U. A. S. M. O teatro épico e Brecht. In: INTERNATIONAL BRECHT SOCIETY SYMPOSIUM, 2013, Nashville. Anais [...]. Nashville: International Brecht Society, 2013.

PALMA, C. Arte e ciência no palco. *História, Ciências, Saúde – Manguinhos*, v. 13, supl., p. 233-246, 2006.

PASSOS, E.; BARROS, R. B. A cartografia como método. In: PASSOS, E.; KASTRUP, V.; ESCÓSSIA, L. da (Org.). *Pistas do método da cartografia*. Porto Alegre: Sulina, 2009.

PORTO, P. A. História da Química: conceitos fundamentais e ensino. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2010.

PÔRTO JR, G.; CASTRO, H. C.; SILVA, S. S. C. (Orgs.). *Ensino, Comunicação e Desinformação: vol. 1*. Palmas: Observatório Edições, 2024.

RUTA, C.; CARVALHO, R. S. F. Z.; PAULA, M. S. Conexões entre ensino, ciência e arte. *Fórum UFRJ em Revista*, 2024. Disponível em: [URL do artigo]. Acesso em: [data de acesso].

SANCOVSCHI, B.; KASTRUP, V. A abordagem enativa e a psicologia histórico-cultural. *Fractal: Revista de Psicologia*, v. 20, n. 1, p. 165-182, 2008.

SANT’ANA, C. F.; MOREIRA, L. M. Teatro científico no ensino de química. *Scientia Naturalis*, v. 3, n. 2, p. 399-412, 2021.

SANTOS, B. S.; NUNES, M. P. *Epistemologias do Sul*. São Paulo: Cortez, 2014.

SANTOS-D’AMORIM, K.; MIRANDA, M. F. O. Informação incorreta, desinformação e má-informação. *Encontros Bibli: revista eletrônica de biblioteconomia e ciência da informação*, v. 26, p. 1-23, 2021.

SANTOS, W. L. P. Educação científica como prática social. *Revista Brasileira de Educação*, v. 12, n. 36, p. 474-492, 2007.

SAUER, C. O. A morfologia da paisagem. In: CORRÊA, R. L.; ROSENDAHL, Z. (Orgs.). Paisagem, tempo e cultura. Rio de Janeiro: EDUERJ, 1998.

SAVIANI, D. Educação: do senso comum à consciência filosófica. Campinas: Autores Associados, 2007.

SIMMS, D. L. The war devices of Archimedes and Leonardo. *British Journal for the History of Science*, v. 21, n. 2, p. 195-210, 1988.

SILVA, L.D.; SILVA, D.M. Cartografia em educação: método ou política de pesquisa? *Educação*, Porto Alegre, v. 48, n. 1, p. 1-12, 2025.

SILVA, E. P.; ARCANJO, F. G. História da ciência, epistemologia e dialética. *Trans/Form/Ação*, v. 44, n. 2, p. 149-174, 2021.

SILVA, E. P. et al. Divulgação científica: para quem? *LavraPalavra*, 29 set. 2024. Disponível em: [URL do artigo]. Acesso em: [data de acesso].

SILVA, J. A. P.; NARDI, R. Formação docente: arte e ciência. *Formação Docente*, v. 9, n. 17, p. 11-28, 2017.

SILVA, L. D.; SILVA, D. M. Alfabetização midiática. In: PÔRTO JR, G.; ANDRADE, L. A. B.; SOUZA, D. M. (Orgs.). *Ensino, Comunicação e Desinformação: vol. 2*. Palmas: Observatório Edições, 2024. p. 81-98.

SOUZA, J.; SILVA, M. M.; BRAZA, R. M. M. Educação midiática para idosos. In: PÔRTO JR, G.; ANDRADE, L. A. B.; SOUZA, D. M. (Orgs.). *Ensino, Comunicação e Desinformação: vol. 2*. Palmas: Observatório Edições, 2024.

SOUZA, D. M.; PÔRTO JR, G. A educação e as escolas na mira da desinformação. In: PÔRTO JR, G.; ANDRADE, L. A. B.; SOUZA, D. M. (Orgs.). *Ensino, Comunicação e Desinformação: vol. 2*. Palmas: Observatório Edições, 2024. p. 99-116.

STANISLAVSKI, C. A construção da personagem. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1970.

STANISLAVSKI, C. A criação de um papel. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1972.

TAVARES, I. O.; MESSEDER NETO, H. S. Modelos e Química. In: EVENTO CIENTÍFICO, 2024. Anais [...]. 2024. Disponível em: [URL dos anais]. Acesso em: [data de acesso].

THUILLIER, P. De Arquimedes a Einstein: a face oculta da invenção científica. Rio de Janeiro: Zahar, 1994.

VARELA, F. Conhecer: as ciências cognitivas – tendências e perspectivas. Lisboa: Instituto Piaget, 1994.

VARELA, F.; THOMPSON, E.; ROSCH, E. A mente incorporada. Porto Alegre: Artmed, 2003.

VARGAS, M. Verdade e ciência. São Paulo: Livraria Duas Cidades, 1981.



## **APÊNDICE**

### **APÊNDICE A - DECLARAÇÃO DE USO EXCLUSIVO DE ARTIGO EM TESE DECLARAÇÃO DE USO EXCLUSIVO DE ARTIGO EM TESE**

#### **DECLARAÇÃO DE USO EXCLUSIVO DE ARTIGO EM TESE**

Declaramos estarmos cientes de que o trabalho (TÍTULO DO TRABALHO) será apresentado na Tese do aluno Nelson Dos Santos Moreira e que não foi e nem será utilizado em outra tese no Programa de Pós-Graduação em Ciências, Tecnologias e Inclusão – PGCTIn, do Instituto de Biologia da Universidade Federal Fluminense.

Niterói, 18 de dezembro de 2025.

Nelson Dos Santos Moreira  
Nome do autor

---

Assinatura

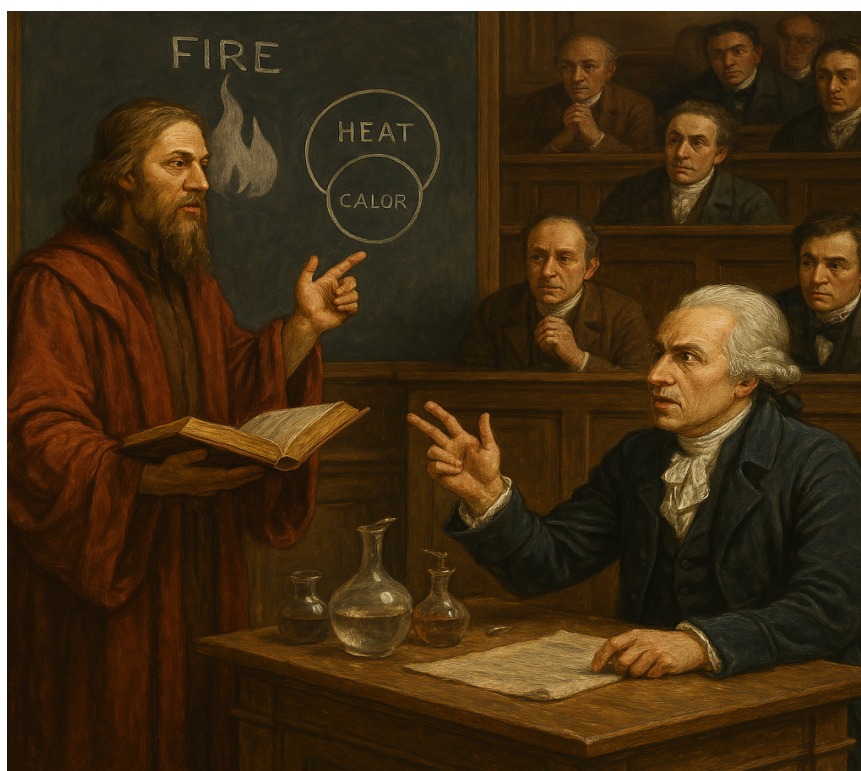
Luiz Antônio Botelho Andrade  
Nome do autor

---

Assinatura

TEATRO CIENTÍFICO

# Da Alquimia para à Química de Lavoisier



## Ato único

Personagens:

Lavoisier

Marie-Anne

Jacques Paulze

Senhora Veronique

Senhora Marquerite

Marat

Professor

Estudantes

Empregado

MOREIRA, N. S.; ANDRADE, L. A. B.; CHINELLI, M. V. Lavoisier, da Alquimia à Química Moderna. No prelo. Depósito na Biblioteca Nacional 36472/6, 2015.

Cenário1: Sala de aula de uma escola convencional. O Professor de química está explicando a lei da conservação das massas de Lavoisier. Os alunos estão completamente desmotivados e aborrecidos e acham tudo chato.



Professor

Gente, como eu havia falado na aula anterior, uma importante conclusão de Lavoisier: “Na natureza nada se cria, nada se perde, tudo se transforma”, foi pronunciada ainda no século XVIII.

Estudante 1 (em tom de brincadeira)

Eu perdi meu celular e nunca mais encontrei!

Professor

Não é disto que eu estou falando e, mesmo assim, eu posso aplicar a Lei de Lavoisier para mostrar como o seu celular será transformado pela natureza.

Estudante 2

Mas porque estamos falando desse homem com nome esquisito e que viveu no século XVIII?

Professor (incomodado)

O que é que está acontecendo com vocês? Eu estou ensinando um conteúdo importante e vocês, além de dispersos, ficam fazendo piadinhas!

Estudante 1

Na moral professor, o que é que este tal de Lavoisier tem a ver com a nossa vida? Porque temos que estudar uma coisa do século XVIII?

Professor

Eu gostaria que vocês compreendessem que o mundo em que vivemos e os objetos que fazem parte de nosso cotidiano, incluindo o celular que você perdeu, são frutos do esforço intelectual de vários homens de ciência, dos quais Lavoisier é um deles, considerado como o pai da química moderna.

Estudante 2

Está bem professor, mas o que é que o senhor quer?

Professor

Eu gostaria que vocês me ouvissem, prestassem mais atenção no que eu estou falando e parassem de ...navegar nestas maquininhas infernais (celulares, ipoids, ipaids etc).

Estudante 2

Tudo bem professor, mas o senhor poderia nos proporcionar algo mais interessante além do conteúdo que o senhor nos diz que é muito importante.

Professor

Estou escrevendo um esquete teatral e gostaria que vocês me ajudassem na montagem e encenação?

Estudante 1

Vai valer ponto?

Professor

Se ficar bem feito e vocês participarem para valer eu posso valorizar o trabalho com pontos. Vamos pedir ajuda ao professor de teatro.

Turma inteira

Vamos nessa!

Cenário 2: Em uma sala da Academia de Ciências Francesa está ocorrendo um debate entre um postulante a uma vaga da Academia - Monsieur Marat - com o presidente da Comissão responsável pelo julgamento e aprovação para novos ingressantes - Monsieur Antoine Lavoisier.



Marat

Eu gostaria de apresentar a minha teoria sobre o fogo e explicar o porquê de algumas coisas pegarem fogo e outras, não.

Lavoisier

Estamos te ouvindo, siga em frente.

Marat

Pela minha teoria, existe um princípio do fogo, um fluido ígneo, como um espírito contido nos materiais que queimam e que se esvai com o ar.

Lavoisier

Monsieur Marat, as questões científicas não podem ser tratadas com devaneio. Não podemos mais criar entidades mágicas e transcendentais como espíritos para explicar os fenômenos. Temos que ser práticos e racionais.

Marat

Monsieur Lavoisier, não podemos negar os autores clássicos, mesmo nas ideias que o colega defende. Assim, nas combustões, a massa daquilo que é queimado diminui porque o fluido ígneo é liberado.

Lavoisier

Monsieur Marat, nem sempre aquilo que é queimado diminui de peso. Quando queimamos um pedaço de malha de ferro, por exemplo, ela não fica mais leve, ao contrário, ela aumenta a massa e fica mais pesada. Podemos inclusive quantificar este aumento.

Marat

Ora Monsieur Lavoisier, o meu princípio ígneo é uma potencialidade e algumas vezes ele assume a propriedade de leveza.

Lavoisier

Pardon Monsieur Marat, antes você dizia que a massa do material que queima na combustão diminuía porque o princípio ígneo que você postula tinha sido liberado para o ar. Agora você está dizendo que o princípio ígneo se transforma em um princípio de leveza, ou uma propriedade de leveza, produzindo um peso negativo. É isto? Se for isto, o senhor deve nos demonstrar. Sua teoria está eivada de contradições. Ela é muito parecida com aquelas postuladas por Paracelso, com o princípio sulfuroso, e com Sthal, com o princípio do flogístico.

Marat

O senhor não respeita os clássicos?

Lavoisier

Respeito aquilo que deve ser respeitado, não estas credences sem nenhuma base empírica de monta, quantitativa.

Marat

Ora “mon cher ami”, há séculos o homem mistura carvão na fundição do minério de ferro para obter o ferro puro. É óbvio que a perda do fluido ígneo transforma o ferro numa cal e é óbvio que o carvão, ao transferir o seu fluido ígneo para a cal, recompõe este metal.

Lavoisier

Onde entra o oxigênio na transformação que o senhor se refere?

Marat

O oxigênio é fruto de sua imaginação e de sua teoria, não da minha.

Lavoisier

A ciência não pode ser tratada como uma prática particular, ela deve explicar os fatos com racionalidade e de forma geral, para todos. Alguém deve estar equivocado e eu considero que a sua teoria do fluido ígneo e o flogístico de Monsieur Sthal não explicam os fatos, na totalidade. Senão vejamos: Só existe queima se houver ar e se tentarmos queimar o fósforo num recipiente onde se fez vácuo, a combustão não acontece. O senhor aceita este fato?

Marat

Não estou entendendo onde o senhor quer chegar?

Lavoisier

Vou continuar o meu argumento e mostrarei onde quero chegar. Eu fiz alguns experimentos com o mercúrio e notei que quando este metal líquido era aquecido ele absorvia um quinto (20%) do ar disponível na reação. O ar que sobrava (80%) não era capaz de sustentar a chama de uma vela e tão pouco manter um camundongo em uma campânula fechada, ou seja, o animal morria rapidamente. O senhor deve ser um homem inteligente e deve concluir comigo que o ar não é um elemento, como pensava Aristóteles, mas uma mistura de gases. Para além disso, se o senhor usar o raciocínio uma vez mais, compreenderá que deve existir uma relação entre o gás que suporta a queima da vela com a manutenção da vida. Este é o gás que eu chamo de oxigênio. O Senhor entendeu?

Marat

Sim, mas onde o senhor quer chegar? Como o senhor explica o aumento da massa dos metais calcinados.

Lavoisier

Quando um metal é queimado (calcinado) ele reage com o oxigênio formando um composto, uma cal, que na nomenclatura que estou propondo na minha obra “Química Elementar” eu denomino de óxido. A massa de ar que foi consumida na cuba de Halles, ou seja, aquela que participou da reação de combustão, é exatamente igual a massa que aumentou quando da formação do óxido. Compreendeu?

Marat:

Sim, mas e daí?

Lavoisier

Quando uma substância combustível se queima ela reage com o oxigênio do ar. Eu fui capaz de quantificar a massa dos gases produzidos, a massa do resíduo e verifiquei que o somatório das massas iniciais (reagentes) é igual a massa da amostra final. Ou seja, enquanto o senhor e os demais vêem na combustão uma decomposição, que perde fluídos igneos e/ou flogísticos, eu vejo, ao contrário, uma reação de combinação, do metal com o oxigênio. É neste ponto que eu quero chegar. O senhor entendeu?

Marat

A única composição que eu vejo é seu conluio aristocrático, um bando de parasitas que vivem para sugar o povo com a cobrança de impostos. Na verdade, eu acho que o senhor é um arrogante, aristocrático e que ainda por cima não respeita os clássicos: Aristóteles, Paracelso e nem mesmo o grande Sthal. O senhor é um charlatão que só muda os nomes das substâncias e dos processos.

Lavoisier

O senhor está enganado. Ainda que eu tenha herdado uma pequena fortuna de minha mãe e tenha o gosto e os gestos aristocráticos, eu sou um cientista e não um parasita. Já fiz mais contribuições para o povo do que o senhor, com seu discurso político, mas vazio. Contribuí para a iluminação pública, melhorei a ventilação dos presídios, para aliviar o sofrimento daqueles que estão presos, confeccionei um novo mapa de nossa pátria, fiz parte da comissão que padronizou os pesos e medidas e outras contribuições que, por modéstia, não vou comentar.

Marat

O senhor fez tudo isto com a pretensão de se tornar imortal.

Lavoisier

O senhor está escondendo a sua incapacidade de argumentar cientificamente com os seus interesses políticos mesquinhos. Com esta postura o senhor não poderá ingressar como membro da Academia de Ciências.

Marat

Eu não quero me misturar com este antro de parasitas. A Revolução não vai tardar e o senhor – Antointe Charlatão Lavosier, em breve irá me pagar esta grande humilhação. Pagar com juros.

Cenário 3: Casa de Marie-Anne: Diálogo entre Jacques Paulze e Marie-Anne Pierrette Paulze, futura esposa de Lavosier, em cena que antecede o casamento.

Pai

Marie, já está na hora de pensarmos em seu casamento.

Marie

Não encontrei ainda meu pretendente, meu pai.

Pai

É sobre isso que eu quero lhe falar, o abade de Terray veio me comunicar o interesse do Conde Anerval.

Marie

Mas este Conde é um tolo, meu pai.

Pai

Mas sua família abastada e ele é um é nobre.

Marie

Pai, eu não quero me casar com ele.

Pai

Que comportamento é este? Você não respeita o seu pai?

Marie

Respeito, mas os tempos estão mudando. Nós mulheres queremos decidir o nosso destino, pelo menos no que concerne ao amor.

Pai

Amor, Amor, deixa de besteira.

Marie

Sai de cena batendo os pés, contrariada.

Empregado

A senhora Marguerite pede para falar com o senhor.

Marquerite

Eu tenho um amigo .... Lavoisier.

Pai

Lavoisier .... eu conheço o pai dele, é advogado como eu, mas o filho é extravagante, gosta demasiado de fazer experiências e é um apaixonado pela ciência.

Marie (entra em cena e pergunta)

Quem é este ... apaixonado pela ciência?

Cenário 4: Julgamento: Tribunal Revolucionário segundo a Lei dos Suspeitos.

Marat

Eu tenho provas que o senhor é um traidor, um contra-revolucionário que mantém colaboração com os monarquistas e que ainda por cima se enriqueceu à custa dos impostos abusivos contra o povo.

Lavoisier

Não nego que tenho alguns bens, advindos de uma herança, mas uso grande parte deste dinheiro para manter meu laboratório. Nunca conspirarei contra os interesses do povo francês. Todos sabem que o meu trabalho de cientista busca a melhoria da qualidade de vida e o engrandecimento da nossa pátria, a França.

Marat

O senhor é um charlatão que vive do trabalho alheio, inclusive das descobertas dos outros, apropriando das mesmas e mudando os nomes. Foi assim com Priestley e Scheele, no caso do oxigênio.

Lavoisier

Eu não me apropriei dos resultados destes autores, mas soube reinterpretá-los à luz da minha teoria.

Marat

Deixa de conversa e vamos ao julgamento. Que entre a primeira testemunha, madame Veronique.

Marat

Conte para esse tribunal o que lhe ocorreu no inverno passado.

Veronique

O inverno estava muito rigoroso e já não tínhamos nada para comer, somente algumas galinhas, que nos garantia o fornecimento de ovos, e uma cabra, que garantia o leite das crianças. Mas eis que vieram os cobradores de impostos e nos levaram quase tudo, inclusive a cabra e a metade das galinhas.

Lavoisier

Eu investi na Ferme Générale como vários outros, mas eu não sou responsável pelos abusos cometidos por esta Instituição.

Marat

Que entre a segunda testemunha, o senhor Priestley.

Marat

Monsieur Priestley, é verdade que Lavoisier se apropriou de seus resultados?

Priestley

Eu enviei todos os meus escritos para a senhora e o senhor Lavoisier, de boa vontade, inclusive eu já fui muito bem recepcionado na casa deles, por várias vezes. Fui eu que isolei o gás que Lavoisier chama de oxigênio, mas eu não interpretei os resultados à sua maneira. Se isto é roubar, plagiar ou se apropriar dos resultados alheios cabe ao júri decidir.

Marat

Já está decidido. Que ele volte para a prisão ventilada, que ele gaba que foi uma de suas melhorias, antes de ser decapitado pela guilhotina inventada por um de seus amigos da Academia - Monsieur Guillotin.

Todos saem, Marie Anne fica só no palco e lê a última carta de Lavoisier.

A minha morte física não diminui a sua ignorância nem abranda a sua incompetência científica, mas, certamente, enaltecerá ainda mais a minha nova Teoria que, já bem aceita entre os jovens estudiosos, rompe com o velho paradigma alquímico e pré-anuncia o nascimento de uma ciência nova e exuberante - a Química Moderna. Isto, para seu contragosto, me torna imortal.

Saem todos levando Lavoisier, só fica em cena Marie-Anne,  
Marie- Anne (lendo a última carta de Lavoisier)

Tive uma carreira razoavelmente longa e especialmente feliz, e acredito que minha lembrança será acompanhada por alguns remorsos, talvez até por alguma glória. Que mais eu poderia desejar? Os eventos em que me acho envolvido provavelmente me pouparão as inconveniências da velhice. Morrerei inteiro-mais uma vantagem dentre todas que desfrutei. Se sofro de alguns sentimentos dolorosos, é por não poder fazer mais pela minha família, por estar privado de tudo e, assim, ser incapaz de dar a ela e a você qualquer sinal de meu apego e gratidão.

Escrevo-lhe hoje, pois talvez amanhã não me seja mais permitido fazê-lo, e porque é uma doce consolação para mim, nesses últimos momentos, preencher minha mente com você e outras pessoas que um são caras. Lembre-me a quem interessar, compartilhe esta carta com eles. Provavelmente é a última que lhe escrevo, (Lavoisier, 179X)



Ensaio



Apresentação

