

POTENCIALIDADES DIDÁTICAS DA DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA: PRINCÍPIOS DA TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL NO ÂMBITO DE UM VÍDEO HISTÓRICO-EPISTEMOLÓGICO ACERCA DA TABELA PERIÓDICA

Didactic potentialities of Scientific Dissemination: principles of David Ausubel's Theory of Meaningful Learning within the scope of a historical-epistemological video about the Periodic Table

Cristina Spolti Lorenzetti [cspolti55@gmail.com]

Universidade Federal de Santa Catarina – Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica

R. Engenheiro Agrônomo Andrei Cristian Ferreira, s/n - Trindade, Florianópolis - SC, 88040-900

Anabel Cardoso Raicik [anabelraicik@gmail.com]

Universidade Federal de Santa Catarina – Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica

R. Engenheiro Agrônomo Andrei Cristian Ferreira, s/n - Trindade, Florianópolis - SC, 88040-900

Felipe Damasio [felipedamasioifsc@gmail.com]

Instituto Federal de Santa Catarina

Av. 15 de Novembro, 61 - Aeroporto, Araranguá - SC, 88905-112

Recebido em: 16/03/2022

Aceito em: 26/09/2022

Resumo

De acordo com a literatura de Educação Científica no Brasil, há uma estreita ligação entre a Divulgação Científica e o Ensino de Ciências em geral. Entretanto, há uma escassa interlocução entre os seus referenciais; por exemplo, é raro encontrar materiais de Divulgação Científica que apresentem preocupações históricas e epistemológicas acerca da ciência. Além disso, normalmente, eles não apresentam fundamentação educacional, ainda que sejam elaborados com vias ao uso em contexto de ensino. Nesse sentido, este trabalho apresenta o desenvolvimento e a estrutura de um vídeo de Divulgação Científica, fundamentado em princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, acerca da história da Tabela Periódica, com ênfase na narrativa do sonho de Mendeleev, e aspectos relativos à Natureza da Ciência. A partir do desenvolvimento deste material, foi possível pensar no vídeo como base para ações didáticas no ensino formal e não formal voltadas para estudantes do ensino médio e professores em formação (inicial ou continuada), bem como seu uso no ensino informal.

Palavras-chave: Aprendizagem Significativa; Divulgação Científica; Natureza da Ciência; Tabela Periódica.

Abstract

According to the Science Education literature in Brazil, there is a close link between Science Divulgence and Science Teaching in general. However, the interlocution between their references is low; for example, it is rare to find Science Divulgence materials that present historical and epistemological concerns about science. In addition, they usually do not have an educational foundation, even though they are designed to be used in a teaching context. In this sense, this work presents the development and structure of a Scientific Divulgence video about the history of the

Periodic Table, with emphasis on Mendeleev's dream narrative, and aspects related to Nature of Science. From the development of this material, it was possible to think of the video as a basis for didactic actions in formal and non-formal education aimed at high school students and teachers in training (initial or continuing), as well as its use in informal education.

Key words: Meaningful learning; Scientific Divuligation; Nature of Science; Periodic Table.

Introdução

Há múltiplas formas pelas quais se pode socializar os saberes científicos, como congressos, eventos, palestras, livros, artigos, textos, vídeos, *podcasts*, materiais didáticos, aulas. Do mesmo modo que se tem uma pluralidade de nomenclaturas para definir essa socialização: comunicação científica, Divulgação Científica, jornalismo científico, Educação Científica, disseminação científica, entre outros (BUENO, 2010).

Apesar de, em algumas ocasiões, esses termos serem utilizados como sinônimos, eles constituem processos diferentes de compartilhar conhecimentos científicos, bem como possuem públicos, metodologias, objetivos e espaços-tempo distintos (BUENO, 2010; RENDEIRO; ARAÚJO; GONÇALVES, 2017). A partir da “espiral da cultura científica”, de Carlos Vogt (2012), é possível distinguir essas diferenças. A espiral é desenhada sobre um plano cartesiano: no primeiro quadrante encontram-se universidades, centros de pesquisa, cientistas e a comunicação científica — feita, por exemplo, através de artigos, constituindo comunicação entre pares. No segundo quadrante estão novamente as universidades junto às escolas, cientistas e professores dos mais variados níveis no processo de formação de novos pesquisadores, professores e no ensino-aprendizagem de alunos da Educação Básica ao Ensino Superior. No terceiro estão os museus e os espaços de educação não formais, ainda com o apoio de professores e cientistas, mas também de organizadores desses espaços de divulgação. No quarto quadrante estão os meios de Divulgação Científica mais gerais e, também, o jornalismo científico, esses são voltados, sobejamente, para a sociedade mais ampla (VOGT, 2012).

Cabe ressaltar que ao mesmo tempo em que as particularidades de cada quadrante ficam evidentes nessa espiral da cultura científica, também pode se observar o intrínseco elo que os une. Do mesmo modo, nota-se que a relação dos constituintes dos quadrantes com a ciência não é passiva, mas ativa; já que a espiral não se fecha em si mesma, mas alarga-se à medida que avança. Em outras palavras, a linha que percorre os quadrantes do plano cartesiano em movimento não forma um círculo e sim uma espiral (daí o nome “espiral da cultura científica”), isso porque cada quadrante colabora com o crescimento do conhecimento científico; quando a linha retorna para o primeiro quadrante ela já não está mais no ponto do qual partiu.

É possível dizer que as esferas da cultura científica ligadas à educação formal, não formal e informal (que, na espiral da cultura científica, podem ser identificadas no segundo, terceiro e quarto quadrantes) estão, também e cada vez mais, ligadas à socialização da ciência no âmbito e em relação com a Educação Científica.

A Divulgação Científica vem se modificando ao longo dos séculos a depender do papel que assume nas sociedades em que se encontra que, por certo, também se modificam (SILVA, 2006; SILVEIRA; SANDRINI, 2014). A partir da popularização dos meios de comunicação em massa (como rádio e televisão) e das mídias sociais, a Divulgação Científica tomou diferentes formas, fazendo parte do cotidiano da população e trazendo informações dos mais variados assuntos (MAGALHÃES; SILVA; GONÇALVES, 2012). Apesar de encontrar-se atrelada à educação não formal e informal, de forma mais geral, a Divulgação Científica vem, nos últimos anos, apresentando uma forte e profícua

interface com o ensino de ciências, sobretudo como potencializadora da alfabetização científica (MAGALHÃES; SILVA; GONÇALVES, 2012). Além disso, alguns estudos apontam que ela pode ser vista “[...] como recurso educativo importante e ressaltam, de modo geral, a sua potencialidade para a criação de estratégias discursivas e educativas mediadoras de uma aprendizagem significativa” (PINTO, 2007, p. 24).

Dessa forma, considerando o alcance da Divulgação Científica e a sua interface educativa, torna-se necessário pensar em como a ciência está sendo divulgada e qual ciência está sendo comunicada em materiais e ações dessa natureza, principalmente quando utilizados e voltados ao ensino formal. Assim como docentes de ciências, aqueles que divulgam a ciência através de textos, livros, vídeos etc também carregam em sua narrativa uma visão epistemológica *sobre* ela, estando eles conscientes disso ou não.

Lorenzetti, Raicik e Damasio (2021), a título de exemplo, em uma revisão bibliográfica do último decênio sobre Divulgação Científica, evidenciaram que um número significativo de trabalhos, de alguma forma, relaciona a educação (formal e não formal) com a Divulgação Científica. Alguns deles descreveram pesquisas que envolvem a educação formal e a Divulgação Científica diretamente através da inserção de textos dessa natureza em aulas de ciências (ROCHA, 2012; MICELI; ROCHA, 2013), por meio da realização de eventos em escolas (CALDAS; CRISPINO, 2017; MORI; CURVELO, 2018) ou a partir da análise de textos de divulgação em materiais didáticos (CARLETTI; MASSARANI, 2011; ALMEIDA, 2020). Esse estudo mostrou ainda que, apesar de um número significativo de trabalhos citarem perspectivas envolvendo, por exemplo, Natureza da Ciência (NdC), poucos a discutiam explícita e efetivamente. Ao que tange à História e Filosofia da Ciência (HFC), os números foram ainda mais baixos, evidenciando a parca articulação entre conteúdos socializados e a indagação de que tipo de história da ciência está sendo divulgada nesses materiais.

Por certo, a literatura vem defendendo, há um tempo, a utilização da HFC no ensino de ciências (MATTHEWS, 1995; PEDUZZI, 2005; FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011; TEIXEIRA; GRECA; FREIRE, 2012; DAMASIO; PEDUZZI, 2016; JORGE, 2018; PEDUZZI; RAICIK, 2020; RAICIK, 2020). Além de uma melhor compreensão de conceitos, resgates histórico-epistemológicos permitem analisar a ciência de forma mais plural, dinâmica e menos dogmática. A HFC permite, ainda, que um mesmo objeto de pesquisa seja observado por diferentes perspectivas, sejam elas externas ou internas ao empreendimento científico. Aliás, discussões relativas à própria NdC podem ser viabilizadas por essa abordagem (GIL PÉREZ et al., 2002; FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011; MOURA, 2014; RAICIK; PEDUZZI, 2016; RAICIK; PEDUZZI; ANGOTTI, 2017; PEDUZZI, RAICIK, 2020).

Nesse sentido, pressupõe-se que se a literatura vem apontando que o ensino de ciências tem se apropriado de (e produzido) materiais e ações de Divulgação Científica, é essencial e profícuo que preocupações histórico-epistemológicas, por exemplo, também estejam presentes no uso desses materiais ou, até mesmo, na produção deles quando inseridos, de alguma forma, nas esferas dos espaços formais, não formais e, até mesmo, informais¹.

Ademais, a Divulgação Científica pode ser (e cada vez mais é) entendida como um instrumento que vai além de uma mera transmissão de informações. Nessa perspectiva, além de uma preocupação com

1 Os termos educação formal, não formal e informal foram diferenciados a fim de explorar as potencialidades do vídeo desenvolvido e apresentado no presente artigo. Como destaca Marandino (2017), existem na literatura diferentes perspectivas para a determinação das fronteiras entre esses três tipos de educação. A partir disso, considera-se que o ponto central de diferenciação entre a educação formal, não formal e informal é o objetivo que cada uma delas carrega. Ainda que compartilhem públicos e/ou espaços, os objetivos das ações envolvendo a construção e a discussão de conhecimentos mostram-se, de alguma forma, dissemelhantes.

a abordagem histórica da ciência que pode e deve ser articulada com aspectos de sua natureza — fomentando reflexões filosóficas profícuas sobre o empreendimento científico em ações e materiais de divulgação no âmbito do ensino — encontram-se as suas potencializações quando educacionalmente fundamentadas.

Nesse sentido, este artigo apresenta a estrutura do vídeo “Mendeleev e o sonho da Tabela Periódica – um convite à reflexão”, que além de comportar considerações históricas e discussões explícitas relativas à Natureza da Ciência em torno do desenvolvimento da Tabela Periódica pelo químico russo Dmitri I. Mendeleev (1834-1907), está fundamentado educacionalmente em princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel. Para tanto, inicialmente apresenta-se os princípios da TAS norteadores para o desenvolvimento do roteiro do vídeo, explicita-se em linhas gerais a sua estrutura a partir desses princípios e as potencialidades desse material de Divulgação Científica quando pensado para ser inserido em espaços formais, não formais e informais de ensino.

O vídeo foi desenvolvido tanto para estudantes do ensino médio quanto para professores em formação inicial e continuada, a partir de princípios ausubelianos como o da diferenciação progressiva e da reconciliação integrativa. Nesse sentido, espera-se que esse material possa atuar ora como um organizador prévio expositivo, por vezes um comparativo, quando devidamente inserido em ações e unidades didáticas.

Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel

David Ausubel (1918-2008) foi um psicólogo cognitivista e construtivista que desenvolveu a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS). Teoria essa que auxilia no entendimento de como a estrutura cognitiva interage com novos conhecimentos, bem como na compreensão da forma que eles se relacionam com os saberes que já integram essa estrutura (MOREIRA; MASINI, 2009). A aprendizagem significativa pode ser vista como um processo em que um novo conceito ancorar-se-á a um conhecimento já existente. Essa relação, necessariamente, deve ser substantiva, para que esse novo conhecimento não seja construído isoladamente e sim conectado a outros conceitos e ideias, e não arbitrária, ou seja, deve haver interação desse novo conhecimento e um já existente na estrutura cognitiva; assim ele se conectará com um conceito específico e não um qualquer que não auxiliaria na aprendizagem (MOREIRA, 2012).

Dois conceitos fundamentais para compreensão e utilização da TAS são suas condições necessárias para que a aprendizagem significativa possa acontecer. Uma delas é a predisposição do sujeito em aprender; isso não significa diretamente que ele deva gostar do conteúdo ou que ele precisa se sentir entusiasmado com o novo conhecimento, mas que ele deve querer aprender e dar significados às novas ideias. Isto é, ele precisa predispor-se a relacionar o que aprende com seus conhecimentos prévios de forma substantiva e não arbitrária (MOREIRA, 2012). A segunda condição é a de que o material didático utilizado seja potencialmente significativo, ou seja, esse material deve apresentar ideias relacionáveis com os conhecimentos prévios dos estudantes. Além disso, a organização dos conteúdos deve seguir uma ordem (uma organização sequencial, melhor explicada adiante) que potencialize uma aprendizagem significativa (MOREIRA; MASINI, 2009).

A partir dessas condições é possível entender que uma das ideias centrais da TAS é o conhecimento prévio do sujeito. De acordo com o próprio Ausubel, “se eu tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um único princípio, diria isto: o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra o que ele sabe e baseie nisso os seus

ensinamentos” (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. viii). Ausubel chamou de subsunçor a parcela específica de conhecimento que a pessoa precisa mobilizar para significar o novo conceito que deseja aprender.

Quando o sujeito não possui subsunçores sobre determinado assunto ou quando eles não estiverem adequados/estáveis o suficiente para o aprendizado de um novo conhecimento, pode-se fazer o uso de um organizador prévio, que tem como objetivo estimular a criação/estruturação de subsunçores para a aprendizagem. O organizador prévio deve ser um material implementado antes do conteúdo específico que se deseja discutir e precisa apresentar conceitos mais gerais e inclusivos que esse conteúdo, a fim de potencializar uma ancoragem do novo conhecimento (MOREIRA, 2012). Existem dois tipos de organizadores prévios: organizador expositivo e comparativo. O primeiro é utilizado quando o sujeito não possui subsunçores para ancorar os novos conceitos, espera-se assim que esse organizador crie um caminho ideacional a partir do que o sujeito sabe. Já o segundo tipo de organizador prévio, o comparativo, é utilizado quando os estudantes já possuem certa familiaridade com o conteúdo, mas ainda não construíram os subsunçores adequados. Assim, o organizador comparativo auxiliará a distinguir e relacionar os novos conhecimentos com aqueles já presentes na estrutura cognitiva que são similares ou conflitantes (MOREIRA; MASINI, 2009).

É importante destacar que a aprendizagem é vista como algo dinâmico, no sentido de que não somente o novo conhecimento será significado de uma maneira particular a partir do que o sujeito já sabe, mas também o seu saber prévio será *ressignificado* a partir das novas experiências que vivenciou (MOREIRA; MASINI, 2009). A significação dos conhecimentos é multilateral. Isso quer dizer que um subsunçor que serviu de base para a aprendizagem de um novo conceito provavelmente não será mais o mesmo depois disso, o que será bastante pertinente nos processos de aprendizagem subsequentes.

A TAS possui alguns princípios que auxiliam no entendimento de como se dá o processo de aprendizagem e como desenvolver um ambiente favorável para que ela aconteça. Visto que quem atribui os significados ao que se aprende é o sujeito aprendiz, não se pode chamar uma aula, um material instrucional, um livro, uma sequência didática de significativa (PAULO; SOUSA, 2011). Entretanto, é possível pensar nessas ações a partir dos princípios da TAS e do conhecimento prévio do público-alvo da aprendizagem e torná-las *potencialmente significativas*.

Nesse sentido, serão discutidos adiante três princípios da TAS que atuam como facilitadores da aprendizagem significativa e que foram utilizados na estruturação do roteiro do vídeo apresentado neste trabalho. Tais princípios são: *diferenciação progressiva*, *reconciliação integradora* e *organização sequencial*. A *diferenciação progressiva* refere-se ao reconhecimento de que há uma sequência hierarquizada em termos de abstração, generalidade e inclusão entre os conceitos que estão presentes no novo conhecimento a ser aprendido (MOREIRA; OSTERMANN, 1999). A hierarquia deve seguir a ordem decrescente de inclusividade, ou seja, os conceitos devem ser discutidos dos mais gerais para os mais específicos. Isso pode auxiliar na aprendizagem significativa, visto que, geralmente, é mais fácil para a mente humana explorar as características de uma ideia particular a partir do todo, do que explorar o todo a partir de cada ideia particular que o constitui (MOREIRA, 2012).

A *reconciliação integradora* trata da reconciliação dos conhecimentos, da percepção de similaridades e do esclarecimento das diferenças, sendo aparentes ou não (PAULO; SOUSA, 2011). Se o material instrucional ou a aula são organizados de forma a facilitar uma reconciliação integradora dos conhecimentos, será mais fácil para o aprendiz lidar com as possíveis contradições e similaridades dos conceitos, permitindo que ele possa ter uma visão mais geral do que aprendeu e consiga localizar os conhecimentos específicos dentro desse todo (MOREIRA; MASINI, 2009).

A diferenciação progressiva e a reconciliação integradora não são dicotômicas e nem aparecem dissociadas, mas geralmente ocorrem em intensidades diferentes. É importante que ocorra a diferenciação progressiva para que o sujeito possa especificar os conhecimentos que aprende, mas também é extremamente importante que ele reconcilie esses conhecimentos para que não acabe compartimentalizando-os (MOREIRA; MASINI, 2009). Isto é, a reconciliação integradora é essencial para que se reconheça a complexidade das ideias, suas particularidades e inter-relações. Isso pode ser feito retomando os conceitos a partir de outras perspectivas, traçando diferentes caminhos dentro do conhecimento, atribuindo, dessa forma, novos significados ao subsunção utilizado para ancorar o conhecimento em princípio.

Por fim, mas não menos importante, encontra-se a *organização sequencial* dos conteúdos, que se relaciona fortemente com os dois princípios discutidos anteriormente. Isso porque, pensando no conhecimento estruturado a partir de conceitos hierárquicos, existe uma espécie de sequência dos conteúdos, uma trilha dos conhecimentos mais gerais até os mais específicos (MOREIRA, 2012). Algumas ideias mais particulares dependem, necessariamente, que outras sejam discutidas antes delas para que haja a possibilidade de entendimento. Os fatores levados em consideração para pensar a *diferenciação progressiva* e a *reconciliação integradora* a partir da hierarquia dos conceitos fazem parte da *organização sequencial*.

Socializando a Tabela Periódica: o desenvolvimento de um vídeo de Divulgação Científica à luz da diferenciação progressiva e da reconciliação integradora

O vídeo “Mendeleev e o sonho da Tabela Periódica – um convite à reflexão” traz um resgate histórico-epistemológico, com discussões explícitas de NdC, acerca do desenvolvimento da Tabela Periódica. Ele encontra-se postado no YouTube no canal do IFScience² e também divulgado no site do Apeiron³. A mídia foi estruturada a partir de princípios ausubelianos, como a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora, para estudantes de ensino médio e professores em formação inicial e continuada. A sua estrutura permite que ele possa atuar tanto como um organizador prévio expositivo quanto um comparativo, quando devidamente inserido em ações didáticas promovidas no ensino formal e não formal. Também permite potencializar a compreensão dos conteúdos por aqueles que o assistem em uma situação informal de educação.

O material apresenta fundamentação histórica a partir de fontes primárias e secundárias (algumas delas aqui citadas MENDELLÉFF, 1891; KAJI, 2003; ROUVRAY, 2004; KEDROV, 2007; SCERRI, 2008; 2011; OKI, 2009; LORENZETTI; DAMASIO; RAICIK, 2020; LORENZETTI; RAICIK; DAMASIO, 2022) que se articulam com discussões explícitas de Natureza da Ciência. Isso é feito a partir do entendimento de que a NdC “[...] envolve um arcabouço de saberes sobre as bases epistemológicas, filosóficas, históricas e culturais da ciência” (MOURA, 2014, p. 33). Os aspectos relativos à NdC (a saber, dinamicidade e coletividade da ciência, influências idiossincráticas do estudioso em sua pesquisa, relações entre a ciência e os contextos em que se encontra, que o

2 O IFScience é um projeto de Divulgação Científica gerido pelo Grupo de Estudos em Educação e Divulgação Científicas, do Instituto Federal de Santa Catarina, câmpus Araranguá. No projeto são discutidos aspectos de História e Epistemologia das Ciências a partir de materiais e ações de Divulgação Científica. O canal do IFScience está disponível em: <https://www.youtube.com/channel/UCLcduDIGeL3E1Qqym10-xWg>. Acesso em: 04 dez. 2021. O vídeo encontra-se disponível em: <https://youtu.be/IKUE3534Fjg>. Acesso em: 15 jan. 2022.

3 Apeiron – Grupo de História, Filosofia e Ensino de Ciências. Disponível em: www.evolucaodosconceitosdafisica.ufsc.br.

conhecimento não parte do nada, entre outros), que subsidiaram o vínculo com a história, foram estabelecidos, sobejamente, à luz do trabalho “Sobre a Natureza da Ciência: asserções comentadas para uma articulação com a História da Ciência” (PEDUZZI; RAICIK, 2020). Cabe ressaltar que há preocupação, no vídeo, em discutir aspectos relativos à Natureza da Ciência de forma explícita, já que considerações entremeadas ao conteúdo poderiam não ser suficientes para destacar tais discussões, como aponta a literatura (MOURA, 2014).

Nesse sentido, a seguir, especifica-se como se deu a sua estrutura à luz da diferenciação progressiva e da reconciliação integradora a fim de contrapor uma narrativa simplista do sonho de Mendeleev que, simples e equivocadamente, aborda o episódio como uma mera “revelação” da Tabela Periódica. A partir disso, objetiva-se refletir sobre aspectos de Natureza da Ciência presentes em diferentes momentos do desenvolvimento científico que acompanharam a construção do sistema periódico.

A estrutura e a descrição do vídeo

Parte 1 – Apresentação do tema: a Tabela Periódica

A fim de estabelecer uma situação inicial, logo no início do vídeo, apresenta-se uma imagem da Tabela Periódica, que geralmente é vista em aulas de ciências na Educação Básica, em materiais didáticos ou colada em paredes de laboratórios de Química. Em seguida, promove-se uma indagação-problema inicial com o questionamento: “*Mas vocês sabiam que a Tabela Periódica é muito mais que a reunião dos elementos químicos que nós conhecemos organizados de tal forma a repetirem periodicamente as suas propriedades físicas e químicas?*”. Essa pergunta serve para sinalizar que existe uma História, um contexto, presente no desenvolvimento da Tabela e muitos aspectos relativos à Natureza da Ciência que podem ser discutidos e refletidos a partir dela.

Em um segundo momento do vídeo, visa-se introduzir considerações acerca da Tabela Periódica contemporânea, em nível mais alto de abstração e inclusividade. Assim, comenta-se que a Tabela Periódica que se conhece hoje possui 118 elementos, é dividida em períodos e grupos que facilitam a identificação das propriedades químicas dos elementos e ajudam a entender como são distribuídos os elétrons nas camadas eletrônicas dos átomos. Cita-se, em seguida, alguns elementos químicos que são conhecidos pela humanidade há muito tempo, como o ouro e a prata — que são encontrados mais facilmente na natureza em sua forma pura ou quase pura — e outros elementos que foram identificados recentemente, como o Moscóvio e o Oganessônio — sintetizados apenas por processos laboratoriais — adicionados à Tabela em 2015.

Em nova indagação-problema, em nível ainda introdutório, coloca-se a seguinte pergunta: “*Quando nós olhamos esse mar de elementos químicos parece que eles sempre estiveram aqui [na Tabela Periódica], não é mesmo?*”. A familiaridade com a Tabela Periódica, em sua forma imagética e não histórica, pode passar a impressão de que naturalmente esses elementos são identificados e adicionados nesse esquema, sem problemas, disputas ou inconsistências. Quase uma engrenagem que flui sem percalços.

Parte 2 – O suposto sonho de Mendeleev

Explicita-se, então, que não apenas a configuração recente da Tabela Periódica pode parecer simples quando olhada de forma superficial, como também a sua própria história de construção que é recontada, normalmente, com uma linearidade que isenta de sua trajetória muitos estudiosos, discussões, dificuldades e modificações ocorridas no seu formato e na própria ciência ao longo do tempo.

Tendo em vista a diferenciação progressiva, introduz-se considerações em torno do suposto sonho de Mendeleev a partir da seguinte questão norteadora: *“Em alguns locais nós podemos encontrar a história da Tabela Periódica resumida ao Sonho de Mendeleev. Você conhece essa narrativa?”*. A fim de exemplificar tal narrativa simplista, que frequentemente está presente quando se apresenta a Tabela Periódica, destacou-se brevemente suas características mais disseminadas *“Mendeleev era um químico russo que queria descobrir o sistema periódico, um certo dia ele adormeceu sobre sua mesa e sonhou com a Tabela Periódica. Então ele acordou, anotou-a em um papel e pronto, se tornou reconhecido mundialmente como o descobridor da Tabela Periódica”*. De fato, explicita-se que algumas partes dessa narrativa simplista fazem sentido. Dmitri Ivanovich Mendeleev foi mesmo um cientista russo e também estava em busca de um sistema periódico para os elementos químicos. Entretanto, destaca-se que essa história tem muito mais linhas e sutilezas do que aparenta ter e que há muitos problemas históricos e historiográficos nessa narrativa.

Parte 3 – O que o sonho (não) nos diz sobre o empreendimento científico?

Seguindo a diferenciação progressiva dessa problemática, introduz-se considerações historiográficas e filosóficas contemporâneas. Primeiramente, apresenta-se de forma sucinta aspectos da vida e da formação inicial de Mendeleev. Posteriormente, a fim de iniciar um aprofundamento do tema, em maior nível de abstração e inclusividade, aborda-se algumas características que marcaram a ciência da época, como a sintetização de diversos elementos e compostos químicos, as disputas envolvendo os procedimentos adotados para realizar a pesagem dos elementos e a ressignificação epistemológica acerca do papel da experimentação, que vinha acontecendo desde meados do século XVIII.

Levando-se em consideração o intrincado contexto histórico-científico do século XIX, levanta-se as seguintes indagações-problemas em nível mais alto de complexidade: *“Seria então a Tabela Periódica fruto de um mero sonho? Um sonho desprovido de pressupostos teóricos, como um insight? Quanto da História da Ciência estamos deixando para trás quando reforçamos essa narrativa? Quanto dos esforços e dos estudos do próprio Mendeleev e de tantos outros estudiosos que participaram desse processo de construção estão sendo deixados para trás quando nós contamos toda a história de construção da Tabela Periódica a partir desse sonho de Mendeleev? O que entendemos por ciência quando não contextualizamos os processos de construção do conhecimento, como esse da Tabela Periódica?”*.

Com essas perguntas, introduz-se discussões explícitas de Natureza da Ciência, mostrando que perspectivas como aquela, que envolvem o sonho de Mendeleev, apresentam, dentre outras coisas, um estereótipo de cientista sobre-humano e isolado de sua comunidade, bem como um produto da ciência (sistema periódico) sem contextualização. Afinal, simplificações dessa natureza

[...] transformam grandes questões científicas, com múltiplos problemas filosóficos, em mero conjunto de experiências de um empirismo simplista. Descartam por completo a fina tessitura epistemológica das teorias científicas, perdendo, portanto, todo caráter educativo (LOPES, 1996, p. 327).

Trazendo um novo exemplo de um livro didático, a saber: “Mendeleev, um grande químico, empenhou-se com afinco na busca de uma classificação para os elementos químicos. Durante uma viagem adormeceu e teve um sonho: acordou e fez o rascunho reproduzido acima, que deu origem à Tabela Periódica moderna” (SANTOS; MÓL, 2005, p. 177), enfatiza-se que “não se pode chamar de história da ciência, nos materiais de ensino, simples preâmbulos históricos que, com frequência, orbitando em torno dos resultados da ciência, não escondem a artificialidade inócua de seus fins ilustrativos” (PEDUZZI; RAICIK, 2020, p. 32). Além disso, o próprio trecho da narrativa do sonho possui inconsistências históricas, porque se houve de fato um sonho, este ocorreu antes da viagem, pois enquanto Mendeleev estava viajando sua tabela era apresentada por um colega seu para a sociedade química russa.

Discute-se, então, em aprofundamento do tema, que, em síntese, quando se entende o episódio de construção da Tabela Periódica como sendo fruto do apogeu cumulativo de teorias que, nas mãos de Mendeleev, puderam ser transformadas no sistema periódico dos elementos químicos ou, de forma ainda mais equivocada, que ela é fruto de um mero sonho do químico russo, deixa-se de apreender pormenoridades, discussões epistemológicas, disputas teóricas decisivas e a humanidade do empreendimento científico. Isto é, aquilo que o constitui. Mendeleev não teve, por certo, um insight desprovido de pressupostos teóricos.

Antes de adentrar em discussões mais específicas sobre aspectos de Natureza da Ciência, como a coletividade das pesquisas e a pluralidade de teorias e modelos desenvolvidos, o vídeo faz uma reconciliação das discussões estabelecidas até aquele momento com o caso de Isaac Newton, suas “três Leis” e o episódio anedótico da maçã. Faz-se isso com o propósito de potencializar o processo de relação entre conhecimentos existentes e os novos conceitos discutidos.

Retoma-se, nesse momento, ao episódio da Tabela, enaltecendo que quando a história do sistema periódico é resumida ao sonho de Mendeleev ou mesmo a uma história linearmente culminativa, pode-se passar a ideia de que o conhecimento científico é fruto de brilhantismos pontuais, que surgem de gênios, ignorando-se assim toda uma tradição de pesquisa. Diferentemente disso, ao se observar a ciência de uma perspectiva histórica e epistemológica, pode se conceber que “as ideias estão sempre envoltas em um conjunto de outras ideias, em um quadro teórico e experimental que exprime os conhecimentos e valores vigentes” (PEDUZZI; RAICIK, 2020, p. 32).

Parte 4 – Conhecimentos prévios essenciais: saberes construídos por Mendeleev

Inicia-se então um processo de diferenciação progressiva, em maior nível de complexidade, a partir de algumas influências que o químico russo teve ao longo de sua carreira, buscando destacar a relação dos seus estudos com a exploração das propriedades físico-químicas de elementos e compostos e sistematizações dessas informações. Em síntese, esse momento visa ressaltar que o próprio contexto de desenvolvimento da Tabela esteve atrelado a uma preferência sequencial de Mendeleev de

organizar elementos químicos a partir de grupos que se complementassem a partir de suas propriedades. Ele esteve envolvido com o tema por décadas, sendo influenciado por estudos de professores (e outros estudiosos) e direcionado para a exploração das propriedades e similaridades químicas dos elementos e compostos em seus estudos de mestrado e doutorado.

Após essa discussão envolvendo os saberes prévios de Mendeleev, volta-se a atenção da discussão para os conhecimentos construídos por outros estudiosos e que, direta ou indiretamente, influenciaram na construção da Tabela Periódica. Em nova indagação-problema, questiona-se “*Será que outras pessoas também tentaram encontrar um sistema periódico para os elementos químicos conhecidos naquela época?*”.

Busca-se reconciliar essas últimas reflexões com a narrativa do “sonho de Mendeleev”, conduzindo-se a perguntas em nível mais alto de complexidade: “*Se os próprios estudos desse químico russo são banalizados quando nós contamos a história da Tabela Periódica a partir dessa narrativa, qual lugar o estudo dos outros estudiosos ocupam? E mesmo que a gente cite essas outras pesquisas, será que basta organizá-las de forma cronológica e linear, dando a impressão que elas são meras páginas arrancadas da linha do tempo da história da ciência, que não são mais consideradas científicas a partir do momento em que nós creditamos ao Mendeleev o desenvolvimento da Tabela Periódica?*”.

Por isso, salienta-se que a ciência é, muitas vezes, equivocadamente apresentada como solitária. Como destaca Fernández et al. (2002)

Uma das deformidades mais abordadas na literatura é a que transmite uma visão individualista e elitista da ciência. Os conhecimentos científicos aparecem como obra de gênios isolados, ignorando-se o papel do trabalho coletivo, das trocas entre equipes... Em particular se deixa entender que os resultados obtidos por um só cientista ou equipe podem ser suficientes para corroborar ou falsear uma hipótese ou uma teoria (p. 482).

Tendo em vista a perpetuação temporal da Tabela Periódica e sua aceitação relativamente rápida no meio científico, é de se esperar que outros estudiosos tenham se dedicado a pesquisa de conhecimentos atrelados a ela. No vídeo, ressalta-se então que aqueles que tentaram sistematizar os elementos químicos conhecidos na época antes e em concomitância de Mendeleev não desenvolveram um trabalho “errado” ou que deixou de ser científico a partir do momento que se credita ao Mendeleev o mérito do desenvolvimento da Tabela, uma vez que

Julgar que uma teoria superada por outra deixa de ser científica, porque não é mais aceita [ou um modelo, como no caso das sistematizações dos elementos químicos] — satisfazendo-se apenas com os conhecimentos do presente, desqualificando os feitos e esforços do passado — significa proferir a esse mesmo presente a sentença de também não ser científico, de não ter valor, no futuro, com a emergência de novas teorias (PEDUZZI; RAICIK, 2020, p. 30).

Parte 5 – Conhecimentos prévios essenciais: a pluralidade de sistematizações

Conhecer e refletir sobre os estudos que vieram antes da tabela de Mendeleev pode auxiliar a compreender como os estudiosos da época estavam encarando a organização dos elementos. Também

permite identificar discussões, disputas teóricas e epistemológicas e vínculos cognitivos feitos com os conhecimentos construídos naquele período. Nesse sentido, a fim de promover uma diferenciação progressiva e uma reconciliação com a Tabela de Mendeleev, publicada em 1869, menciona-se no vídeo algumas sistematizações construídas por outros estudiosos e que podem ser visualizadas na própria Tabela do químico russo. Uma delas foi a de Johann Wolfgang Döbereiner (1780-1849) que desenvolveu a Lei das Tríades, publicando trabalhos sobre ela na primeira metade do século XIX. Contudo, por ter dificuldades de agrupar todos os elementos conhecidos em Tríades, sua pesquisa não recebeu a devida atenção na época.

Além do problema da abrangência, aspecto geralmente considerado mais interno ao empreendimento científico, houve também questões ditas subjetivas interferindo no processo de aceitação das sistematizações desenvolvidas na época, como no estudo feito por Alexandre de Chancourtois (1820-1886) em 1862 que desenvolveu uma classificação tridimensional nomeada de “Parafuso Telúrico”. Por mais que o De Chancourtois tenha sido um dos primeiros estudiosos a apresentar os elementos químicos de forma que repetissem periodicamente suas características, o geólogo teve problemas com a difusão do seu trabalho em razão da dificuldade em representá-lo, já que seu parafuso telúrico possuía um formato tridimensional, o que por si só já dificultava a visualização em desenhos bidimensionais. Para agravar a situação, os editores da revista em que o De Chancourtois publicou seu trabalho não anexaram a imagem feita por ele, o que fazia com que as pessoas que tinham um primeiro contato com seu trabalho tivessem que utilizar a imaginação para visualizar sua sistematização. Além disso, sua formação em geologia dificultou a disseminação de suas ideias em termos linguísticos; ele utilizou uma linguagem voltada mais para a mineralogia do que para a química, condicionando alguns químicos da época a formarem um preconceito antes de julgar o conteúdo do trabalho em si. Com isso, podemos inferir que “podem ser bastante complexos e sutis os mecanismos envolvidos na aceitação de um novo conhecimento” (PEDUZZI; RAICIK, 2020, p. 34).

A Lei das oitavas de John A. R. Newlands (1837-1898) também foi, à época, muito criticada por abarcar elementos tidos como “subjetivos”. Seu trabalho recebeu o nome de Lei das Oitavas uma vez que as propriedades físico-químicas repetiam-se a cada oito elementos, em analogia às oitavas musicais, como apontou o próprio Newlands. Em 1866, ao apresentar seu trabalho para a Chemical Society em Londres, ele foi questionado — de forma sarcástica — se teria organizado os elementos em ordem alfabética, principalmente devido sua correspondência com a música. Por certo tempo, o trabalho de Newlands não teve muito reconhecimento; entretanto, em 1887, ele recebeu a medalha *Davy of the Royal Society*, em homenagem às suas pesquisas.

Promovendo vínculos explícitos com aspectos relativos à Natureza da Ciência, em processo de um novo aprofundamento, ressalta-se no vídeo que quem busca uma aproximação com o *modus operandi* do empreendimento científico, aceitando adentrar nos intrincados caminhos que conectam diferentes episódios históricos da ciência, submete-se a uma revisão de suas concepções geralmente idealizadas sobre ela. Com isso, é possível inferir que aspectos ditos “científicos”, como os modelos em si desenvolvidos por De Chancourtois e Newlands, não são os únicos aspectos levados em consideração na hora de apoiar ou rejeitar um conhecimento. Portanto, reconhece-se que

Há influências e forças históricas, culturais e sociais sobre a ciência [...]. Em consequência, existem, por exemplo, pesquisas que são apoiadas e outras desencorajadas, censuradas ou mesmo proibidas dependendo do contexto em que se encontram (PEDUZZI; RAICIK, 2020, p. 30).

Mesmo que os estudos dessas pessoas tenham sido desencorajados em sua época ou apagados/resumidos nos anais da história, não há justificativa para que se continue perpetuando uma narrativa simplista de História da Ciência, já que ela é “[...] uma construção coletiva; o esquecimento ou mesmo o anonimato de muitos de seus personagens é injustificável” (PEDUZZI; RAICIK, 2020, p. 36).

Parte 6 – A Tabela Periódica após sua publicação em 1869

Retomando a Tabela de Mendeleev, em específico, o vídeo visa aprofundar o tema a partir de considerações relativas a sua aceitação. Nesse sentido, frisa-se as lacunas deixadas por Mendeleev que, segundo ele, seriam preenchidas por elementos químicos que ainda não haviam sido identificados. Além disso, destaca-se que ele indicou alguns pesos de elementos químicos diferentes daqueles conhecidos na época, justificando que eles não eram adequados. Tanto as lacunas deixadas, quanto as proposições de pesos diferentes, foram feitas para que sua Lei Periódica funcionasse. Isto é, para que as propriedades químicas de todos os elementos que ele reuniu na Tabela variassem periodicamente, conforme ele havia indicado. Para que sua Tabela fosse aceita, além de fatores geográficos, teóricos e epistemológicos, havia também o fator prático de buscar corroborar essas suposições feitas.

Um aspecto que auxiliou na aceitação da Tabela pela comunidade científica e que ressalta mais uma vez a coletividade da construção do conhecimento na ciência e os próprios mecanismos e valores de aceitação de um novo conhecimento, foi uma tabela publicada em 1870, ou seja, um ano depois da do Mendeleev por Julius Lothar Meyer (1830-1895).

Nesse sentido, a fim de aprofundar a questão adentrando em conceitos cada vez mais específicos, mas ao mesmo tempo mantendo-se a relação com o conceito geral — a Tabela Periódica — o vídeo apresenta brevemente considerações relativas aos estudos de Meyer e sobre a importância deles para a aceitação da Tabela de Mendeleev. Em síntese, enaltece-se que a publicação de tabelas muito semelhantes por dois químicos de diferentes nacionalidades foi recebida de forma positiva por muitos estudiosos. Inclusive, Mendeleev e Meyer foram reconhecidos em conjunto com a Medalha *Davy of the Royal Society* pela publicação de suas tabelas.

Em relação a isso, o vídeo aborda considerações do próprio Mendeleev acerca da importância de outros estudiosos ao verificarem suas proposições, corroborando a Lei Periódica proposta por ele. Em seu livro *Princípios de Química*, Mendeleev explicita

Acho bom observar que nenhuma lei da natureza, por mais geral que seja, foi estabelecida de uma vez; seu estabelecimento é sempre precedido de muitos pressentimentos, mas o reconhecimento de uma lei não ocorre quando ela é entendida em todo o seu significado, mas somente quando é confirmada por experimento, o qual homem científico deve olhar como a única prova de correção de suas conjecturas e opiniões. Portanto, de minha parte, considero Roscoe, De Boisbaudran, Nilsson, Winkler, Brauner, Carnelley, Thorpe e outros que verificaram a adaptabilidade da lei periódica à realidade química, como os verdadeiros fundadores da lei periódica, o desenvolvimento posterior de que ainda espera por novos trabalhadores” (MENDELÉEFF, 1891, p. x, tradução nossa).

Parte 7 – A contínua construção da Tabela Periódica

Com o objetivo de potencializar a diferenciação progressiva do aspecto que concerne à dinamicidade da Tabela Periódica, o vídeo destaca algumas discussões atuais sobre a Tabela que suscitem modificações em seu modelo. Em suma, destaca-se, em um primeiro momento, as modificações ocorridas em seu formato ao longo do século XIX e XX e o aumento de seu tamanho através da incorporação de novos elementos. Buscando uma reconciliação integradora com as analogias feitas anteriormente, ressalta-se que, assim como Newton provavelmente não reconheceria suas “Três Leis” a partir da notação utilizada atualmente, Mendeleev teria dificuldades, em um primeiro momento, em reconhecer seus estudos na Tabela Periódica atual.

A partir disso, aprofunda-se o aspecto de ciência em contínua construção destacando-se que ainda no século XXI a Tabela é rodeada por questões em aberto. Frisa-se que nenhuma teoria ou modelo até hoje, por mais tempo que tenha se perpetuado, escapou da inevitável e necessária dinamicidade da ciência. Afinal, “O conhecimento é a reforma de uma ilusão. Conhecemos sempre contra um conhecimento anterior, retificando o que se julgava sabido e sedimentado” (LOPES, 1996, p. 254).

Introduz-se então, as questões relacionadas às propriedades do elemento químico Oganessônio ($Z=118$), que, de acordo com a organização sequencial dos números atômicos, é um gás nobre. Contudo, acredita-se que ele não apresente características de um gás nobre, porque seu núcleo é muito pesado, originando fenômenos que podem ser explicados pela relatividade restrita de Albert Einstein e que geram uma desorganização das órbitas eletrônicas do átomo. A partir disso, surge outra indagação-problema: “*Será que futuramente teremos uma modificação mais drástica na Tabela?*”. Essa indagação foi discutida em um nível maior de complexidade, conduzindo a reflexões de que, possivelmente, não apenas a estrutura da Tabela será alterada, mas também a própria forma de organizar os elementos, que vem a ser a Lei Periódica. Então, levanta-se o questionamento de que se a Lei Periódica for modificada ou caso surja uma forma totalmente nova de organizar os elementos químicos, será que a Lei Periódica de Mendeleev seria tida como ultrapassa ou até mesmo seria esquecida?

A partir dessa discussão, busca-se uma reconciliação integradora com aspectos sobre a ciência discutidos anteriormente: a constante revisão do conhecimento e os perigos de não se considerar científicas teorias tidas como “ultrapassadas”, evidenciando que “as teorias científicas não são definitivas e irrevogáveis, mas sim objeto de constante revisão; o pensamento científico modifica-se com o tempo” (PEDUZZI; RAICIK, 2020, p. 29).

Parte 8 – Discussões finais de uma discussão sem fim

Na parte final do vídeo, priorizou-se uma reconciliação integradora de discussões realizadas ao longo do vídeo e que foram centrais para a diferenciação progressiva do tema. Com isso, relembra-se que havia sido dito que a Tabela Periódica é muito mais que uma reunião de elementos químicos e que com as discussões apresentadas essa afirmação foi justificada.

Retoma-se também a narrativa simplista do sonho de Mendeleev ou os simples preâmbulos históricos, criando-se uma indagação-problema, agora em nível alto de complexidade: “*Quão desmerecedor é*

para o empreendimento científico, seus participantes e criadores (a própria humanidade) representá-lo dessa forma superficialmente e, por vezes, equivocadamente sintetizados?”

Essa pergunta foi discutida em nível de maior especificidade, pois ela diferencia-se e reconcilia-se com o enfoque das inadequadas discussões histórico-epistemológicas feitas em torno desse episódio, potencializando uma reconciliação integradora a partir de outras perspectivas. Com isso, destaca-se que

De fato, uma ciência que se apresenta aproblemática, linear e cumulativa aos olhos do espectador, que mostra apenas os seus produtos, cobrindo com um véu denso e intransponível os processos de sua construção, exclui o pensamento divergente, torna invisível as rupturas, banaliza as grandes transformações (PEDUZZI; RAICIK, 2020, p. 42).

Salienta-se que as discussões, no vídeo realizadas, sobre a Tabela e a sua história não têm a pretensão de parecer esgotar as reflexões que podem ser feitas. A exemplo disso, cita-se brevemente que outra questão a ser abordada poderia ser as disputas envolvendo o entendimento sobre a matéria. Isso porque, na época de Mendeleev e de seus contemporâneos, ainda não se tinha um consenso sobre o que constituía a matéria. Não se tinha inclusive um padrão bem estabelecido para as nomenclaturas dos elementos químicos e seus procedimentos de pesagem. Por trás dessas discussões estavam questões filosóficas bem profundas, relacionadas ao que levar em consideração ao realizar experimentos e fazer considerações teóricas: apenas o observável ou também modelos de propriedades não alcançáveis pelos sentidos humanos?

Com o objetivo de aprofundar essa discussão, falou-se sobre o Congresso de Karlsruhe ocorrido em 1860, que teve como objetivo buscar o diálogo e a conciliação de algumas discordâncias teóricas da química na época. Por mais que não se tenha saído desse congresso com um consenso entre as discordâncias, muitas apresentações e debates foram importantes para diversos trabalhos que foram realizados ou finalizados após esse congresso. O próprio Mendeleev e o Meyer participaram dele, Mendeleev particularmente relatou que foi bastante influenciado pelas falas a favor do peso atômico e da concepção atômica de matéria proferidas por Stanislao Cannizzaro (1826-1910), um químico italiano. Destaca-se que, apesar disso, Mendeleev apresentou comportamento ambivalente frente as teorias da época, não escolhendo uma para defender.

De modo a fazer um encaminhamento para o final do vídeo, questiona-se quais características sobre ciência estariam presentes no vídeo se os aspectos históricos abordados fossem apenas listados em ordem cronológica, sem discussões relativas à NdC, sem saber em que contexto científico estavam inseridos e sem ressaltar a conexão entre eles.

O vídeo é finalizado com um convite a uma pesquisa mais aprofundada sobre outras discussões envolvendo a Tabela Periódica e sua história e uma reflexão sobre outros episódios históricos famosos na ciência, como a maçã caindo na cabeça de Newton, a “descoberta” acidental da relação entre magnetismo e eletricidade por Hans Oersted, o experimento da torre de Pisa de Galileu. Além disso, solicita-se que o espectador reflita sobre estereótipos comumente apresentados ao longo da narrativa desses episódios, como o gênio isolado, as simples “descobertas”, a ciência masculina, a ciência totalmente objetiva e empírica, neutra e isolada de sua sociedade. Com isso, é feita uma indagação-problema final: *“Será que conhecimentos de tal complexidade histórica e cognitiva foram construídos a partir desses simples episódios históricos?”*.

Potencialidades do vídeo quando usado em contexto de ensino formal, não formal e informal

O vídeo foi estruturado para dois públicos-alvo específicos: alunos de ensino médio e professores⁴ em formação inicial e continuada. No processo de sua elaboração, houve essa necessidade de indicar para quem era esse material, já que estavam sendo considerados princípios ausubelianos em sua estrutura. Dessa forma, foi possível pensar em conhecimentos prévios desse público, a partir dos saberes que se espera que eles tenham construído ou, ao menos, entrado em contato na sua educação formal. Basear o desenvolvimento das seções do vídeo a partir desses possíveis conhecimentos prévios dos públicos — que seriam, possivelmente, apenas o contato do ponto de vista prático com a Tabela Periódica — foi de extrema importância para definir a forma como seriam promovidos os princípios de diferenciação progressiva e de reconciliação integradora do tema. Consequentemente, isso auxiliou na organização sequencial do conteúdo.

Como já foi discutido, não se pode chamar um material de significativo, já que quem atribui esse significado é o aprendiz (MOREIRA, 2012). Contudo, quando este é produzido partindo de princípios da TAS e pensado para ser inserido adequadamente em uma situação de ensino-aprendizagem é possível chamá-lo de potencialmente significativo. Nesse sentido, esse vídeo pode servir, por exemplo, tanto como um organizador prévio expositivo quanto um comparativo.

No que tange ao ensino médio, se deseja abordar conhecimentos relativos à Tabela Periódica ou ao estudo sobre a matéria envolvendo não somente os conteúdos ditos “programáticos”, mas também aspectos de História da Ciência e Natureza da Ciência, o vídeo pode servir como um organizador prévio do tipo expositivo. Dessa maneira, os estudantes que provavelmente já viram a Tabela Periódica em algum momento, mas que não tiveram experiências envolvendo o seu contexto histórico-científico e epistemológico, isto é, totalmente não familiar nesse sentido, poderão, com o material, construir um caminho conceitual entre os seus conhecimentos prévios, os conceitos apresentados no vídeo e futuras discussões que o seu professor poderá realizar sobre o conteúdo. Nesse caso, o vídeo pode ser utilizado no início de uma sequência didática para suprir a falta de ideias e proposições acerca da história da Tabela Periódica e concepções acerca de sua natureza, servindo como um “ponto de ancoragem inicial” (MOREIRA, 2008).

Na formação inicial de professores, a depender da fase do curso, o vídeo pode servir também como um organizador prévio. Se for no início da graduação, também seria um organizador prévio expositivo, já que dificilmente os sujeitos chegam no ensino superior com discussões de História da Ciência e *sobre* ciência bem estabelecidas; à luz do caso do ensino médio. Contudo, no decorrer do curso, o vídeo poderia servir como um organizador prévio comparativo, a fim de auxiliar na distinção de novos conhecimentos, potencializando a adequação de subsunções já existentes. Em uma disciplina cujo foco é a discussão de questões epistemológicas acerca da ciência, por exemplo, o material visto como um organizador comparativo, pode “explicitar a relacionabilidade entre os novos conhecimentos e aqueles que o aprendiz já tem mas não percebe que são relacionáveis aos novos” (MOREIRA, 2008, p. 2), como questões relativas à NdC vistas e discutidas com um caso histórico específico; a saber o desenvolvimento da Tabela Periódica.

No âmbito da educação não formal envolvendo estudantes de ensino médio seria possível utilizar o vídeo também como um organizador prévio expositivo. Em Lorenzetti, Damasio e Raicik (2020) foram apresentados eventos de Divulgação Científica ocorridos no Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), câmpus Araranguá, no âmbito do Ano Internacional da Tabela Periódica comemorado em

⁴ O vídeo foi produzido pensando na formação de professores de física e química, em particular.

2019; um desses eventos teve como público-alvo estudantes do ensino médio. Nesse contexto, e em uma nova edição do evento, o vídeo pode ser utilizado como organizador prévio expositivo, servindo como base para as discussões históricas que são realizadas em torno da construção da Tabela Periódica, permitindo, inclusive, o aprofundamento posterior dessas discussões. Nesse mesmo trabalho apresentou-se uma participação em um curso de formação continuada de professores da rede estadual de ensino, com o mesmo tema (Ano Internacional da Tabela Periódica). Nesse caso, o material pode servir como uma situação-problema com o objetivo de promover discussões acerca de como abordar a história da Tabela Periódica ou a Natureza da Ciência através de um episódio histórico no ensino formal.

Além disso, ainda cabe destacar a importância do material quando divulgado em um canal no YouTube, mais especificamente no IFScience. Dessa forma, ele adquire caráter de educação informal quando acessado por pessoas em situação não específicas como as anteriores. Isto é, um material de Divulgação Científica que possui preocupações sobre *qual* ciência e história da ciência estão sendo discutidas e acerca de como a estrutura cognitiva dos sujeitos pode receber estas informações.

O material pode ser chamado de potencialmente significativo nas situações em que ele foi inserido na educação formal e não formal, por serem levados em consideração os públicos, seus possíveis conhecidos prévios e os objetivos bem definidos ao apresentar o vídeo; bem como a organização sequencial de sua estruturação, utilizando-se da diferenciação progressiva da complexidade do conteúdo e da reconciliação integradora de suas dissonâncias e similaridades. No âmbito da educação informal, o vídeo continua sendo um material educacionalmente fundamentado, mas agora não se pode assegurar o adjetivo de potencialmente significativo, já que não se conhece o público que entrará em contato com ele, conseqüentemente também não se pode supor seus conhecimentos prévios e seus objetivos com a ação de assistir o vídeo. De qualquer forma, ainda assim, um vídeo com fundamentação educacional, histórica e epistemológica parece ser profícuo para um público geral, já que estes constroem, consciente ou inconscientemente, visões *sobre* a ciência.

Discussões reconciliadoras

A TAS mostrou-se um ótimo recurso para basear a estruturação de um vídeo de Divulgação Científica, com vias à sua inserção em contexto de ensino (seja ele formal ou não formal). Além de tornar o material educacionalmente fundamentado, o que pode potencializar a aprendizagem, quando inserido em uma unidade didática coerente e alinhada com os fundamentos do vídeo, também auxilia no arranjo de conteúdos a partir da organização sequencial.

Assim, o vídeo “Mendeleev e o sonho da Tabela Periódica – um convite à reflexão”, apresenta múltiplas atribuições. Ressalta-se que uma delas é sua potencialidade tanto para a educação formal e não formal, como frisado anteriormente — e, inclusive, seu possível uso em contexto informal. Sendo considerado em determinada situação como um organizador expositivo e em outra comparativo, sua fundamentação educacional, juntamente ao seu alinhamento histórico-epistemológico, permite que ele seja um recurso instrucional potencialmente facilitador de uma aprendizagem significativa em torno de discussões *de* e *sobre* o desenvolvimento da Tabela Periódica. Como foi destacado no próprio vídeo, a Tabela Periódica é muito mais que a reunião de 118 elementos químicos; além de carregar outros conceitos científicos em sua estrutura, a história por trás dela suscita discussões sobre aspectos de Natureza da Ciência, internos e/ou externos a ela, que não deveriam ficar de fora do seu processo

de ensino-aprendizagem. Ao menos, não em um ensino que preze pela construção de uma concepção não dogmática, linear e a-histórica de ciência.

Uma vez que a literatura aponta para a utilização da HFC em sala de aula é esperado que os docentes busquem ferramentas dessa natureza, visto que ainda muitos materiais didáticos não abordam essas questões. Nesse processo de escolha, “a seleção das fontes e dos materiais, tanto da parte do historiador profissional quanto do professor com interesse na História da Ciência, envolvem decisões que não podem ser dissociadas da visão de mundo e das concepções de ciência do estudioso” (PEDUZZI, 2005, p. 154). Nesse sentido, destaca-se a importância de preparar o professor para que se faça a utilização crítica de materiais envolvendo História da Ciência e que esteja preparado para eventuais discussões que se necessite fazer.

Schmiedecke e Porto (2015), a exemplo disso, ressaltaram a importância de avaliar aspectos historiográficos, e conseqüentemente filosóficos de ciência, em programas televisivos de Divulgação Científica, que, com frequência, são considerados adequados para utilização em sala de aula. De acordo com esses autores, a inserção acrítica de tais materiais no contexto escolar pode reforçar estereótipos de ciência, que inevitavelmente já estão sendo disseminados para o público que assiste tais programas e que não possui experiências suficientes para julgar a história e a ciência apresentadas. Salienta-se aqui, então, a importância de não apenas os materiais que são inseridos em sala de aula atentarem-se para preocupações historiográficas, mas aqueles voltados ao público em geral também.

Por certo, “promover reflexões sobre a natureza da ciência em diferentes níveis de ensino é, e sempre será, um desafio, mas necessário, na medida em que pode contribuir para uma formação mais crítica do aluno” (PEDUZZI; RAICIK, 2020, p. 47). Por isso, a importância de inserir em diversos espaços de difusão de conhecimento reflexões *sobre* a ciência.

Exemplos de materiais estruturados educacionalmente em princípios ausubelianos, que são utilizados em contexto de ensino formal, mas que o transcendem, são encontrados na literatura. Peduzzi, Tenfen e Cordeiro (2012), nesse sentido, apresentam considerações educacionais sobre animações que abordam discussões explícitas de Natureza da Ciência que foram desenvolvidas para uma disciplina de história da física e que, quando utilizadas articuladas aos textos utilizados da disciplina, apresentam-se como potencialmente significativas. Damasio e Tavares (2013) tecem considerações de como a TAS de Ausubel serviu como base para a escrita de um livro sobre radioatividade, envolvendo também aspectos históricos sobre o conteúdo.

Por fim, cabe destacar que este trabalho faz parte de um projeto mais amplo de estudos e simboliza o fechamento (paradoxalmente que se abre, com a perspectiva de novas pesquisas sobre a temática HFC, Natureza da Ciência e Tabela Periódica) de um ciclo de reflexões sobre as inter-relações entre os referenciais de Divulgação Científica, Natureza da Ciência e História da Ciência à luz da Educação Científica. A partir da produção desse material, ressaltou-se a possibilidade de integração de reflexões feitas, geralmente em diferentes campos de pesquisa (ensino de ciências, Divulgação Científica, ações de educação não formal etc), mas que se encontram sobre um mesmo eixo: a cultura científica. Assim sendo, buscou-se não restringir as discussões histórico-epistemológicas apenas à educação formal, mas produzir um vídeo de Divulgação Científica, amparado teoricamente em referenciais históricos e educacionais, que pudesse, inclusive, levar à educação não formal e informal reflexões fundamentadas *sobre* a ciência.

Referências

- ALMEIDA, S. A. (2020). O texto de divulgação científica em uma aula sobre fermentação nos anos iniciais do ensino fundamental. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*. Acesso em 03 mar., 2022, <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/9177>.
- AUSUBEL, D.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. (1980). *Psicologia Educacional*. Rio de Janeiro: Interamericana Ltda.
- BUENO, W. C. (2010). Comunicação Científica e Divulgação Científica: aproximações e rupturas conceituais. *Informação & Informação*. Acesso em 03 mar., 2022, <https://www.uel.br/revistas/uel/index.php/informacao/article/view/6585>.
- CALDAS, J.; CRISPINO, L. C. B. (2017). Divulgação científica na Amazônia: O Laboratório de Demonstrações da UFPA. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. Acesso em 03 mar., 2022, <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2016-0229>.
- CARLETTI, C.; MASSARANI, L. (2011). O que pensam crianças brasileiras sobre a teoria da evolução? *Alexandria*. Acesso em 03 mar., 2022, <https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/37688>.
- DAMASIO, F.; TAVARES, A. (2013). A Divulgação Científica do tema da radioatividade fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel. *Aprendizagem Significativa em Revista*. Acesso em 02 mar., 2022, http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID41/v3_n1_a2013.pdf.
- DAMASIO, F.; PEDUZZI L.O. (2016). A formação de professores para um ensino subversivo visando uma aprendizagem significativa crítica: uma proposta por meio de episódios históricos de ciência. *Revista Labore em Ensino de Ciências*. Acesso em 03 mar., 2022, <https://periodicos.ufms.br/index.php/labore/article/view/2749>.
- FERNÁNDEZ, I.; GIL, D.; CARRASCOSA, J.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. (2002). Visiones Deformadas de la Ciencia transmitidas por la Enseñanza. *Historia y Epistemología de las Ciencias*, 20(3), 477-488.
- FORATO, T. C. M., PIETROCOLA, & M., MARTINS, R. A. (2011). Historiografia e Natureza da Ciência em sala de aula. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*. Acesso em 03 mar., 2022, <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2011v28n1p27>.
- GARCIA, R. A. (2019). A encruzilhada da Tabela Periódica. *Revista Fapesp*, (277), 60-63.
- GIL-PERÉZ, D.; MONTORO, I. F.; ALÍS, J. C.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. (2001). Para uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência & Educação*, 7(2), 125-154.
- JORGE, L. (2018). *Na formação de professores e cientistas, uma HQ sobre aspectos da NDC e imagens: encantar-se com os entre-(en)laces*. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) – Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.
- KAJI, M. (2003). Mendeleev's discovery of the periodic law: the origin and the reception. *Foundations of Chemistry*, 5(1), 189-214.

- KEDROV, B. M. (2007). Mendeleev, Dmitri. In: GILLISPIE, C. C. (Org.) *Dicionário de Biografias Científicas* (pp. 1901-1910). Rio de Janeiro: Contraponto.
- LOPES, A. R. C. (1996). Bachelard: o filósofo da desilusão. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 13(3), 248-273.
- LORENZETTI, C. S.; DAMASIO, F.; RAICIK, A. C. (2020). O Ano Internacional da Tabela Periódica e um sucinto resgate de sua história: implicações para a Educação Científica por meio da Divulgação Científica. *Experiências em Ensino de Ciências*. Acesso em 03 mar., 2022, <https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/778>.
- LORENZETTI, C. S.; RAICIK, A. C.; DAMASIO, F. (2021). Divulgação Científica: Para quê? Para quem? – Pensando sobre a Histórica, Filosofia e Natureza da Ciência em uma revisão na área de Educação Científica no Brasil. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*. Acesso em 03 mar., 2022, <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2021u14871513>.
- LORENZETTI, C. S.; RAICIK, A. C.; DAMASIO, F. (2022). “O sonho de Mendeleiev” e a construção da tabela periódica: análise de um material de divulgação científica à luz de aspectos de natureza da ciência. *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia* (no prelo).
- MAGALHÃES, C. E. R.; SILVA, E. F. G.; GONÇALVES, C. B. (2012). A interface entre alfabetização científica e divulgação científica. *Revista Amazônica de Ensino de Ciências*. Acesso em 03 mar., 2022, <http://periodicos.uea.edu.br/index.php/arete/article/view/44>.
- MARANDINO, M. (2017). Faz sentido ainda propor a separação entre os termos educação formal, não formal e informal? *Ciência & Educação*. Acesso em 03 mar., 2022, <https://doi.org/10.1590/1516-731320170030001>.
- MATTHEWS, M. R. (1995). História, Filosofia e Ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximação. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 12(3), 164-214.
- MENDELÉEFF, D. (1891). *The Principles of Chemistry*. Londres; Nova Iorque: Longmans, Green, and Co.
- MICELI, B.; ROCHA, M. (2019). Análise de textos de divulgação científica sobre genética inseridos em livros didáticos de biologia. *Alexandria*. Acesso em 03 mar., 2022, <https://doi.org/10.5007/1982-5153.2019v12n2p121>.
- MOREIRA, M. A.; OSTERMANN, F. (1999). Teorias construtivistas. *Textos de apoio ao professor de física*, (10), 1-56.
- MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. (2009). *Aprendizagem Significativa: A Teoria de David Ausubel*. São Paulo: Centauro.
- MOREIRA, M. A. (2012). ¿Al final, qué es aprendizaje significativo? *Curriculum*. Acesso em 03 mar., 2022, <http://hdl.handle.net/10183/96956>.
- MOREIRA, M. A. (2008). Organizadores prévios e a Aprendizagem Significativa. *Revista Chilena de Educación Científica*, 7(2), 23-30.
- MORI, R. C.; CURVELO, A. A. A. S. (2018). Experimentoteca do Centro de Divulgação Científica e Cultural (CDCC-USP) e o Ensino por Investigação: Compromissos Teóricos e Esforços Práticos.

Revista Brasileira De Pesquisa Em Educação Em Ciências. Acesso em 08 mar., 2022, <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2018183795>.

MOURA, B. A. (2014). O que é Natureza da Ciência e qual sua relação com a História e Filosofia da Ciência? *Revista Brasileira de História da Ciência*. Acesso em 08 mar., 2022, <https://doi.org/10.53727/rbhc.v7i1.237>.

OKI, M. C. M. (2009). Controvérsias sobre o atomismo no século XIX. *Química Nova*. Acesso em 08 mar., 2022, <https://doi.org/10.1590/S0100-40422009000400043>.

PAULO, I. J. C.; SOUZA, C. M. S. G. (2011). *A teoria da aprendizagem significativa e seus desdobramentos na dinâmica de ensinar e aprender ciências*. Cuiabá: UAB/UFMT.

RAICIK, A. C.; PEDUZZI, L. O. Q. (2016). Um resgate histórico e filosófico dos estudos de Stephen Gray. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*. Acesso em 03 mar., 2022, <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4339>.

RAICIK, A. C.; PEDUZZI, L. O. Q.; ANGOTTI, J. A. P. (2017). Uma análise da ilustração do experimentum crucis em materiais de Divulgação Científica. *Física na Escola*. Acesso em 03 mar., 2022, <http://www1.fisica.org.br/fne/phocadownload/Vol15-Num2/a05.pdf>.

RAICIK, A. C. (2019). Experimentos exploratórios e experimentos cruciais no âmbito de uma controvérsia científica: o caso de Galvani e Volta e suas implicações para o ensino. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) – Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

RENDEIRO, M. F. B.; ARAÚJO, C. P.; GONÇALVES, C. B. (2017). Divulgação Científica para o Ensino de Ciências. *Revista Amazônica de Ensino de Ciências*. Acesso em 08 mar., 2022, <http://periodicos.uea.edu.br/index.php/arete/article/view/637>.

ROCHA, M. B. (2012). O potencial didático dos textos de divulgação científica segundo professores de ciências. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*. Acesso em 08 mar., 2022, <http://dx.doi.org/10.3895/S1982-873X2012000200005>.

ROUVRAY, D. H. (2004). Elements in the history of the Periodic Table. *Endeavour*, 28(2), 69-74.

PEDUZZI, L. O. Q. (2005). Sobre a utilização didática da História da Ciência. In: Pietrocola, M. (Org.). *Ensino de física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora* (pp. 151-170). Florianópolis: Editora da UFSC.

PEDUZZI, L. O. Q.; TENFEN, D. N.; CORDEIRO, M. D. (2012). Aspectos da Natureza da Ciência em animações potencialmente significativas sobre a história da física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*. Acesso em 08 mar., 2022, <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2012v29nesp2p758>.

PEDUZZI, L. O. Q.; RAICIK, A. C. (2020). Sobre a Natureza da Ciência: asserções comentadas para uma articulação com a História da Ciência. *Investigações em Ensino de Ciências*. Acesso em 03 mar., 2022, <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/1606>.

PINTO, G. A. (2007). *Divulgação científica como literatura e o ensino de ciências*. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo

SANTOS, W. L. P.; MOL, G. S. (coord.). (2002). *Química & Sociedade*. São Paulo: Nova Geração.

- SCERRI, E. R. (2008). The role of triads in the evolution of the Periodic Table: Past and Present. *Journal of Chemical Education*. Acesso em 08 mar., 2022, <https://doi.org/10.1021/ed085p585>.
- SCERRI, E. R. (2011). A review of research on the history and philosophy of the periodic table. *Journal of Science Education*, 12(1), 4-7.
- SCHMIEDECKE, W. G.; PORTO, P. A. (2015). A história da ciência e a divulgação científica na TV: subsídios teóricos para uma abordagem crítica dessa aproximação no ensino de ciências. *Revista Brasileira De Pesquisa Em Educação Em Ciências*. Acesso em 08 mar., 2022, <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4332>.
- SILVA, H. C. (2006). O que é Divulgação Científica? *Ciência & Ensino*, 1(1), 53-59.
- SILVEIRA, M. C.; SANDRINI, R. (2014). Divulgação Científica por meio de blogs: desafios e possibilidades para jornalistas e cientistas. *Intexto*. Acesso em 08 mar., 2022, <https://seer.ufrgs.br/intexto/article/view/41728>.
- TEIXEIRA, E. S.; GRECA, I. M.; FREIRE JUNIOR; O. (2012). Uma revisão sistemática das pesquisas publicadas no Brasil sobre o uso didático de história e filosofia da ciência no ensino de física. In: PEDUZZI, L. O. Q.; MARTINS, A. F. P.; FERREIRA, J. M. H. (Org.). *Temas de história e filosofia da ciência no ensino* (9-40). Natal: EDUFRN.
- VOGT, C. (2012). The spiral of scientific culture and cultural well-being: Brazil and Ibero-America. *Public Understanding of Science*. Acesso em 08 mar., 2022, <https://doi.org/10.1177%2F0963662511420410>.