

# Por que devemos ensinar História das Ciências em aulas de Ciências? Contribuições a partir da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica

Why Should We Teach History of Science in Science Class?  
Contributions from the Critical Meaningful Learning Theory

¿Por qué debemos enseñar Historia de la Ciencia en las clases de Ciencia?  
Contribuciones a partir de la Teoría de Aprendizaje Significativo Crítico

*Nathan Willig Lima\**  
*Cleci Teresinha Werner da Rosa\*\**

## Resumo

A abordagem histórica tem uma tradição consolidada na pesquisa em ensino de Ciências. Mesmo assim, artigos recentes têm apontado a persistente necessidade de explicitar os objetivos pedagógicos de tais propostas. Ademais, objeções diversas à abordagem histórica ainda são comuns na área de ensino de ciências. A partir disso, no presente trabalho, temos por objetivo discutir as potencialidades e os cuidados pedagógicos necessários em atividades didáticas com abordagem histórica, a partir do quadro teórico formado pela Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica. Em especial, argumentamos que, diante do cenário contemporâneo, é necessário que os alunos construam conhecimentos científicos bem como desenvolvam uma postura crítica, de “distanciamento antropológico”, para que sejam capazes de atuar no sentido de articular um mundo habitável e mais justo. Ao longo do trabalho, apresentamos brevemente os pressupostos da teoria, discutimos as potencialidades da abordagem histórica à luz de seus princípios, expomos alguns cuidados metodológicos e, por fim, respondemos a objeções comuns à abordagem histórica.

*Palavras-chave:* Ensino de ciências; Abordagem histórica; História e filosofia da ciência.

Recebido em: 26.11.2021 — Aprovado em: 24.02.2022  
<https://doi.org/10.5335/rep.v29i2.13201>  
ISSN *on-line*: 2238-0302

\* Doutor em Ensino de Física pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Docente Permanente do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física na Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Docente do Mestrado Profissional em Ensino de Física da Sociedade Brasileira de Física. Orcid: <http://orcid.org/0000-0002-0566-3968>. E-mail: [nathan.lima@ufrgs.br](mailto:nathan.lima@ufrgs.br).

\*\* Doutora em Educação Científica e Tecnológica pela Universidade Federal de Santa Catarina. Docente Permanente do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática e do Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade de Passo Fundo. Orcid: <http://orcid.org/0000-0001-9933-8834>. E-mail: [cwerner@upf.br](mailto:cwerner@upf.br).

## Abstract

The historical approach has an established tradition in science teaching research. Even so, recent articles have pointed out the persistent need to clarify the pedagogical objectives of such proposals. Furthermore, various objections to the historical approach are still common in the field of science education. This work aims to discuss the potential and pedagogical care needed in didactic activities with a historical approach from the theoretical framework formed by the Critical Meaningful Learning Theory. In particular, we argue that, given the contemporary scenario, students must construct scientific knowledge and develop a critical posture of “anthropological distance” to act in the sense of articulating a more fair and habitable world. Throughout the work, we briefly present the presuppositions of the theory, discuss the potential of the historical approach in light of its principles, expose some methodological precautions, and, finally, respond to common objections to the historical approach.

*Keywords:* Science teaching; Historical approach; History and philosophy of science.

## Resumen

El abordaje histórico tiene una tradición consolidada en la investigación en la enseñanza de Ciencia. No obstante, artículos recientes apuntan la persistente necesidad de explicitar los objetivos pedagógicos de tales propuestas. Además, diversas objeciones al abordaje histórico aún son comunes en el área de la enseñanza de ciencias. A partir de esto, en el presente trabajo, tenemos por objetivo discutir las potencialidades y los cuidados pedagógicos necesarios en actividades didácticas con abordaje histórico, a partir del cuadro teórico formado por la Teoría de Aprendizaje Significativo Crítico. En especial, argumentamos que, frente al escenario contemporáneo, es necesario que los alumnos construyan conocimientos científicos así como que desarrollen una postura crítica, de “distanciamiento antropológico”, para que sean capaces de actuar en el sentido de articular un mundo habitable y más justo. A lo largo del trabajo, presentamos brevemente las premisas de la teoría, discutimos las potencialidades del abordaje histórico a la luz de sus principios, exponemos algunos cuidados metodológicos y, por último, respondemos objeciones comunes al abordaje histórico.

*Palabras clave:* Enseñanza de ciencias; Abordaje histórico; Historia y filosofía de la ciencia.

## 1. Introdução

Há um reconhecimento de que, desde muito cedo, os cientistas têm adotado narrativas históricas para a estabilização e avanço de suas próprias disciplinas (VIDEIRA, 2007) bem como para formação de novas gerações de cientistas, como pode se perceber na emblemática obra de Mecânica Clássica escrita por Ernst Mach (1902). No final do século XIX, por exemplo, já se pode encontrar defesas explícitas do uso de história no ensino de ciências (CAJORI, 1899). Por outro lado, entende-se que a institucionalização do campo de pesquisa em história, filosofia, sociologia e ensino de ciências só ocorre no início da década de 1990 (LIMA; GUERRA; ROSA,

2021), motivada, principalmente, pelo trabalho de Michael Matthews (1992), com a fundação da revista *Science & Education*, bem como com a fundação do IHPST (International History, Philosophy and Science Teaching Group) no final da década de 1980.

Esse movimento institucionalizado coincide com o fim do período de guerra fria, em que as tendências tecnicistas do pós-guerra (NARDI, 2005) perdem força em favor de visões mais contextualizadas, críticas e amplas de educação em ciências. Nesse contexto, podemos encontrar diferentes justificativas para a inserção da abordagem histórica na aula de ciências. O próprio artigo de Matthews (1992) é bastante amplo em sua defesa. De uma forma geral, entende-se que tais justificativas apontam a potencialidade da abordagem histórica no sentido de contribuir para um melhor entendimento da “natureza da ciência” (McCOMAS, 2020), isto é, sobre o que é a ciência, como ela funciona, suas potencialidades e limitações, bem como suas relações com a sociedade, tecnologia e cultura. Tais argumentações indicam, portanto, uma ampliação dos objetivos da educação básica, preocupando-se com uma alfabetização científica mais ampla e crítica (AULER; DELIZOICOV, 2001). Outras justificativas para a inserção da história da ciência na educação em Ciências, podem ser encontradas na literatura (FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011; KARAM; LIMA, 2022).

Recentemente, novas defesas têm sido apresentadas, apontando a importância de alinhar os objetivos pedagógicos de uma determinada prática de ensino com o enfoque histórico-filosófico abordado (GURGEL, 2020) e, nesse contexto, dado o cenário social em que nos encontramos, politizar as perspectivas adotadas a fim de orientar o ensino de ciências em direção da busca de justiça social (MOURA, 2021). Ao encontro de tais discussões, temos defendido a ideia de que o mundo contemporâneo, em que os problemas políticos são altamente dependentes de constructos científicos (a gestão da pandemia e de seus impactos econômicos depende, por exemplo, de resultados e conclusões apresentados por epidemiologistas, assim como o planejamento de desenvolvimento econômico dos países tem sido impactado pelas pesquisas ambientais desenvolvidas por diferentes áreas do conhecimento) e vice-versa, motivando o que Sheila Jasanoff (2007) denomina de “coprodução”. Ou seja, o exercício da cidadania passa tanto pelo desenvolvimento de uma concepção crítica e reflexiva sobre a realidade quanto pela formação do conhecimento dos aspectos científicos que compõem nossa realidade natural-social. A partir disso, defendemos que diferentes abordagens históricas são fundamentais para a formação do exercício da cidadania contemporânea, a qual pressupõe não somente um engajamento político; mas cosmopolítico<sup>1</sup> (LIMA, 2021).

Um importante desafio do campo da educação em ciências é, portanto, refletir sobre quais temas, métodos e propostas didáticos conseguem – de fato – preparar os alunos para os desafios do mundo contemporâneo. Nesse sentido, é necessário que a concepção de ensino e aprendizagem seja capaz de, ao mesmo tempo, instrumentalizar<sup>2</sup> os alunos com os conceitos científicos contemporâneos e gerar uma reflexão crítica sobre sua própria realidade. Essa é justamente a proposição de Moreira (2010) ao apresentar sua Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica. Isto é, para Moreira (2010), o mundo contemporâneo apresenta desafios que não podem ser superados por uma aprendizagem mecânica, de natureza meramente repetitiva. É necessário que os alunos aprendam os conhecimentos científicos, relacionando-os com seus conhecimentos e experiências prévias, de forma que eles ganhem sentido em sua estrutura cognitiva. É isso que garante um aprendizado significativo (para além da repetição vazia típica do ensino tradicional). Mais do que isso, Moreira (2010) reconhece que nosso contexto social atual demanda que tal aprendizado seja mobilizado em termos críticos, isto é, permitindo que, mesmo pertencendo a essa cultura, consigamos nos afastar dela e refletir sobre suas limitações e problemas, frente a uma perspectiva mais ampla, e, assim, a possibilidade de construir novos caminhos, o que é chamado de “distanciamento antropológico”.

Embora já existam diferentes defesas da abordagem histórica no ensino de ciências, entendemos que há necessidade de um aprofundamento na reflexão sobre as bases pedagógicas que sustentam tais propostas. Em especial, aponta-se na literatura que a maioria dos estudos com abordagem histórica-filosófica não são explícitos ou coerentes ao apresentar seus pressupostos teórico-pedagógicos (DAMASIO; PEDUZZI, 2017) ou ao fazer uma conexão entre a proposta e a concepção de currículo subjacente (MOURA; CAMEL; GUERRA, 2020). Afinal, a abordagem histórica pode contribuir ou não para uma aprendizagem significativa ou, mais especificamente, uma aprendizagem significativa crítica? Caso ela possa contribuir, quais estratégias e cuidados metodológicos devem ser adotados a fim de potencializar tal aprendizado significativo crítico?

Nosso objetivo neste trabalho é apresentar uma discussão teórica sobre a abordagem histórica no ensino de ciências a partir da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica, buscando responder as questões supracitadas. Entendemos que, com essa reflexão, estamos contribuindo para a fundamentação pedagógica da abordagem histórica no ensino de ciências, a fim de garantir que sua inserção esteja a serviço de uma educação que dê conta dos desafios do século XXI.

Em especial, apesar da estabilização institucional da pesquisa sobre abordagem histórica não ensino de ciências, não é inusual ainda encontrarmos objeções em pareceres de revistas especializadas, bem como dentro das universidades e escolas, com relação à potencialidade didática dessa abordagem. Algumas objeções mais comuns que podemos listar são: 1) a abordagem histórica torna o tema mais complexo/difícil – ou seja – com isso, o aluno “aprenderia menos” ou “teria mais dificuldade”; 2) os conceitos científicos evoluem ao longo do tempo, assim, a abordagem histórica ensina os conceitos errados para depois ensinar os corretos, demandando um trabalho desnecessário e que somente confunde; 3) trazendo a abordagem histórica na aula, sobrarão menos tempo para discutir a “ciência”, logo não há tempo para isso; 4) a história da ciência é até útil se eu quiser um ensino sobre natureza da ciência, ou um ensino politizado; mas, se o objetivo é ensinar conceitos ou técnicas (como resolver a Equação de Schrödinger), então a história é apenas anedótica e desnecessária; 5) ao trazer a abordagem histórica, perde-se tempo com aspectos não-científicos, esvaziando de ciência a aula de ciências; 6) a abordagem histórica, ao trazer aspectos sociais, pode conduzir ao relativismo.<sup>3</sup> Em nossas considerações finais, após a reflexão teórica, vamos responder a cada uma dessas objeções.

## 2. Aprendizagem Significativa Crítica

Ao longo do século XIX, podemos reconhecer a formação e consolidação de uma área de pesquisa, própria e autônoma, que toma como contexto de investigação a Educação. Tal área, denominada como Pedagogia, dialogava diretamente com os estudos da Filosofia e da Psicologia, sem perder, entretanto, suas especificidades, como defendido, por exemplo, nos trabalhos de Johann Firederich Herbart (1893).

No século XX, a ascensão do positivismo lógico na Europa teve influência sobre diferentes áreas do conhecimento, incluindo a própria psicologia e, por consequência, a pedagogia (KINCHELOE; TOBIN, 2009). Nesse contexto, percebe-se um crescimento de teorias de ensino e aprendizagem lastreadas na concepção teórico-metodológica comportamentalista, enfatizando a necessidade de se promover pesquisas e estudos sobre grandezas observáveis, como o comportamento humano. Ou seja, a partir dessa concepção teórica, devemos analisar ou mensurar o aprendizado dos alunos apenas por meio de verificações sobre comportamentos que possam ser objetivamente mensuráveis. Os processos cognitivos internos do aluno, seus esquemas mentais, os tipos de discurso interno que ele adota ao longo do processo de aprendizado, não são

tomados como objeto de estudo. Aprender é, portanto, simplesmente mudar de comportamento.

Ao longo do mesmo século, entretanto, a psicologia e a pedagogia, passaram por diferentes transformações, abrindo-se para diferentes conjuntos de valores e paradigmas de pesquisa. Em especial, o cognitivismo pode ser reconhecido como um movimento importante desse período, que, opondo-se à concepção comportamentalista, passou a considerar a descrição de estruturas cognitivas internas, que são subjacentes à ação e comportamento humano. A concepção cognitivista enfatiza a cognição, o ato de conhecer; como o ser humano conhece o mundo. No cognitivismo, a preocupação está nos processos mentais mobilizados pelo sujeito e como ele atribui significado, compreende, transforma, armazena e usa a informação (MOREIRA, 1999). Essa visão ocupa-se com os processos internos do sujeito, a partir de sua intencionalidade considerando sua interação com o meio.

Nesse contexto, a aprendizagem passa a ser entendida como mudança nessas estruturas cognitivas internas do sujeito, em seus esquemas mentais, bem como a variação em seus processos discursivos internos. Ainda que não possamos ter acesso direto a tais estruturas ou processos, podemos verificar indiretamente, ou seja, inferir quando há mudanças em tais estruturas. Nesse entendimento, a aprendizagem é concebida como além da simples mudança de comportamento, mas como associada a alterações nas estruturas internas do sujeito. É nesse contexto que se deseja que o ensino atue, por meio de estratégias e metodologias capazes de provocar mudanças nessas estruturas internas. Segundo Piaget (1973), o desenvolvimento cognitivo ocorre quando se passa de um nível de conhecimento para outro (mais elevado), por meio de alterações na estrutura interna do sujeito, o que caracterizamos como aprendizagem no viés cognitivista. Nessa perspectiva, o ensino deve ser capaz de ativar mecanismos que provoquem um desequilíbrio na estrutura interna do aprendiz e, na busca pelo reequilíbrio, atingir um novo nível cognitivo.

Nessa concepção de aprendizagem, encontramos a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) proposta pelo americano, David Paul Ausubel, nos anos de 1960 e 1970. Nela, a aprendizagem é entendida como uma modificação nas estruturas internas do sujeito, ou seja, existe uma estrutura interna na qual as informações são organizadas e integradas e que é modificada à medida que o sujeito interage com o meio. O aspecto central da teoria está na discussão do entendimento de aprendizagem significativa, que, segundo Ausubel, Novak e Hanesian (1983) ocorre quando o sujeito amplia e reconfigura ideias já existentes na estrutura cognitiva, possibilitando relacionar e acessar os conhecimentos. Moreira (1999) mostra que a aprendizagem significativa é um processo

por meio do qual uma nova informação relaciona-se de forma substantiva (não literal) e não arbitrária, com aspectos especificamente relevantes da estrutura de conhecimento do indivíduo. Esses aspectos específicos são denominados de “subsunçores” e representam um conceito, uma ideia, uma proposição que já está presente na estrutura interna do aprendiz e que poderá servir para ancorar o novo conhecimento, de modo a adquirir significado a ele.

Associado a aprendizagem significativa está a aprendizagem mecânica ou por repetição, que ocorre quando o ensino ou a tarefa de aprendizagem se constitui basicamente de associações arbitrárias e/ou quando o aprendiz não possui subsunçores para torná-la potencialmente significativa (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1983). Para os autores, quando se trata do ensino escolarizado, é “evidente que a aprendizagem significativa é mais importante que a aprendizagem por repetição”, embora reconheçam que a mecânica tem sua relevância, podendo vir a se tornar significativa. E, ainda, salientam que essa aprendizagem mecânica ocorre a partir de mobilização cognitiva e com associações cognitivas, todavia, não da mesma forma que a aprendizagem significativa, ou seja, essas associações são, geralmente, arbitrárias e/ou literais e não ancorados em subsunçores.

Para a ocorrência de uma aprendizagem significativa, Ausubel, Novak e Hanesian (1983), apontam duas condições: a predisposição do sujeito para aprender significativamente e a existência de uma tarefa ou um material potencialmente significativo. No contexto escolar, e a exemplo dos cognitivistas, a TAS pautava sua tese na importância de o professor identificar os conhecimentos que os estudantes possuem e, a partir deles, apresentar os novos. Em outras palavras, o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe, portanto, cabe ao professor determinar isso e ensinar de acordo (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1983).

Deve-se ressaltar que tanto teorias comportamentalistas quanto teorias cognitivistas que enfatizam apenas as discussões sobre ensino e aprendizagem de conceitos, sem um questionamento mais amplo e profundo sobre os conhecimentos ensinados e sua relação com a sociedade, podem ser classificadas como teorias de ensino tradicionais, do ponto de vista do currículo (SILVA, 2010). Isto é, elas não questionam qual conhecimento deve ser ensinado e por quê. Apenas tratam de analisar como ensinar melhor ou como garantir o aprendizado de tais conceitos. Por exemplo, quando pensamos em uma abordagem de ensino cujo objetivo é ensinar os fundamentos da Teoria Quântica, garantindo que os alunos dominem o arcabouço teórico e desenvolvam familiaridade com a resolução dos problemas exemplares, estamos engajados em uma prática tradicional de ensino. Nesse caso, do ponto de vista da TAS, por exemplo, nosso

objetivo deveria ser garantir que os alunos desenvolvam uma aprendizagem significativa, sendo capazes de ancorar os novos conhecimentos nos conhecimentos previamente adquiridos.

Ainda que o ensino tradicional possa ter contribuições importantes, há muitos documentos oficiais e vertentes teóricas da área de ensino que apontam para a necessidade de colocar os processos de ensino e aprendizagem em conexão, ou diálogo, com uma reflexão mais ampla sobre a sociedade (PINHÃO; MARTINS, 2016). Nesse caso, o objetivo final do ensino não é propriamente o aprendizado do conceito, mas seu aprendizado se torna um caminho para o desenvolvimento de uma reflexão mais ampla e para o exercício mais autônomo da cidadania (AULER; DELIZOICOV, 2001). Entretanto, quais conhecimentos são importantes para o exercício da cidadania? E por quê?

Tais questões afastam-se do âmbito das teorias tradicionais, uma vez que colocam sob suspeição a organização e estrutura educacional vigentes. Por que ensinamos o que ensinamos? Por que a escola se organiza dessa forma? Ou, mais importante, qual educação é capaz de promover o mundo em que pretendemos habitar? E como podemos levar tal educação à realidade? Tais são as preocupações das teorias críticas (SILVA, 2010).

No Brasil, o principal expoente da concepção crítica é, sem dúvida, Paulo Freire, que distancia o ensino bancário, não reflexivo, de uma educação emancipatória, organizada para promover a autonomia epistêmica e a construção de uma sociedade mais justa e igualitária (FREIRE, 2013a; 2013b; 2013c). Deve-se observar que a proposta de Freire não é simplesmente com relação à superfície das práticas pedagógicas; mas vai ao cerne da concepção de educação, entendendo-a como uma prática política concreta e atada à realidade dos educandos.

A partir de tal perspectiva, podemos pensar que a realidade contemporânea nos apresenta uma série de desafios. O aquecimento global antropogênico nos indica dúvidas sobre nosso sistema econômico e a organização política e econômica de nossa sociedade de consumo (JUNGES; MASSONI, 2018; REIMERS, 2020). As crescentes desigualdades sociais também apontam para as limitações dos modelos vigentes (YACOUBIAN; HANSSON, 2020). E, mais recentemente, o mundo digital introduziu-nos aos dilemas das *fakenews* e da pós-verdade (MCINTYRE, 2018). A educação que vivemos hoje deve ser capaz de dialogar com essa realidade, pois esses são os problemas de nossos tempos. A inadequação entre educação e realidade, no atual momento

em que vivemos, pode implicar sérios e profundos problemas no futuro de nossa sociedade. Assim, nesse contexto, qual educação é verdadeiramente capaz de dar conta dos problemas atuais?

A resposta a essa pergunta, dada pelo professor Marco Antônio Moreira, é que, no atual contexto, não é suficiente que os alunos desenvolvam uma aprendizagem significativa, eles precisam desenvolver uma aprendizagem significativa crítica (MOREIRA, 2010). A proposta de Moreira foi apresentada pela primeira vez, em 2000, no III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa, em Lisboa, sob o nome de Aprendizagem Significativa Subversiva. Posteriormente, o texto foi ampliado e renomeado com o título de Aprendizagem Significativa Crítica.

Em sua proposta, Moreira (2010) parte, principalmente, de reflexões de Postman e Weingartner (1969) para argumentar que a escola precisa de uma reformulação estrutural. Diante dos problemas contemporâneos, precisamos formar pessoas capazes de lidar com os dilemas e desafios atuais. Em especial, Moreira argumenta que o ensino tradicional apresenta aos alunos uma série de certezas e verdades absolutas, representando os conhecimentos de forma fragmentada e isolada, e criando uma dicotomia definitiva entre certo e errado. Além disso, o ensino tradicional tende a representar o avanço tecnológico e aumento das informações como algo bom, reforçando ideais da sociedade de consumo.

Nesse sentido, é preciso que haja práticas pedagógicas subversivas e, principalmente, que a aprendizagem dos alunos seja significativa e crítica. Partindo de Postman e Weingartner (1969), Moreira (2010), define que subversivo e crítico, nesse contexto, referem-se ao desenvolvimento de uma perspectiva antropológica. Isto é, ao desenvolvimento da capacidade de pertencer a uma certa cultura; mas também se afastar dela. Esse distanciamento antropológico é o que permite uma pessoa ganhar liberdade frente à sua cultura, sendo capaz de criticar e se opor a práticas culturalmente bem estabelecidas, mas que causam problemas e prejuízos à própria sociedade. Nesse sentido, pode-se entender que o ensino subversivo, ao permitir uma aprendizagem crítica, forma sujeitos autônomos e livres, aptos a se posicionar frente às estruturas sociais e de poder vigentes, em busca de um mundo mais justo (DAMASIO; PEDUZZI, 2015; 2018).

O desenvolvimento de tal perspectiva antropológica não é um processo simples ou rápido. Ele exige uma grande maturidade intelectual, demandando flexibilidade cognitiva, envolvimento ativo com o conhecimento, autonomia, e, até mesmo, coragem.<sup>4</sup> Por esse motivo, práticas pedagógicas que não são significativas, obviamente, nem se quer chegariam perto do desenvolvimento de criticidade. Portanto, é necessário que o aprendizado seja, inicialmente, significativo e, mais do que isso, deve preparar os

alunos para aprender com os erros, lidar com as incertezas e perceber a complexidade teórica e semântica que se enseja no desenvolvimento do conhecimento. Por esse motivo, Moreira (2010) propõe 11 princípios norteadores, que formam o que ele chama de Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica. São eles:

1. Aprender que aprendemos a partir do que já sabemos. (Princípio do conhecimento prévio).

2. Aprender/ensinar perguntas ao invés de respostas. (Princípio da interação social e do questionamento).

3. Aprender a partir de distintos materiais educativos. (Princípio da não centralidade do livro de texto).

4. Aprender que somos perceptores e representadores do mundo. (Princípio do aprendiz como perceptor/representador).

5. Aprender que a linguagem está totalmente implicada em qualquer e em todas as tentativas humanas de perceber a realidade. (Princípio do conhecimento como linguagem).

6. Aprender que o significado está nas pessoas, não nas palavras. (Princípio da consciência semântica).

7. Aprender que o ser humano aprende corrigindo seus erros. (Princípio da aprendizagem pelo erro).

8. Aprender a desaprender, a não usar conceitos e estratégias irrelevantes para a sobrevivência. (Princípio da desaprendizagem).

9. Aprender que as perguntas são instrumentos de percepção e que definições e metáforas são instrumentos para pensar. (Princípio da incerteza do conhecimento).

10. Aprender a partir de distintas estratégias de ensino. (Princípio da não utilização do quadro-de-giz).

11. Aprender que simplesmente repetir a narrativa de outra pessoa não estimula a compreensão. (Princípio do abandono da narrativa).

Esses princípios variam desde orientações mais práticas, para a sala de aula, até noções epistemológicas, que subjazem a noção da prática de ensino e aprendizado. Podemos notar que o princípio 1 reforça a máxima ausubeliana de ensinar a partir dos conhecimentos dos alunos (chamaremos o princípio 1 de princípio da aprendizagem significativa). Os princípios 2,4,5,6,7,8 e 9 reforçam, de diferentes formas, o aspecto complexo do desenvolvimento do conhecimento, suas imbricações com a linguagem e com a dimensão social, reforçando o papel da incerteza, do erro e da coletividade para o progresso do aprendizado e da ciência (chamaremos esses princípios de epistemológicos). Os princípios 3, 10 e 11, de diferentes formas, apontam para a necessidade de

uma renovação metodológica, tanto em sala de aula, como nos materiais que subsidiam tais práticas (chamaremos esses princípios de metodológicos). A partir desses 11 princípios, podemos ver como Moreira entende que uma reestruturação pedagógica, epistemológica e metodológica pode prover a realização de uma aprendizagem significativa crítica.

### 3. Contribuições pedagógicas da história da ciência a partir da TASC

Nosso objetivo, nessa seção, é, a partir da TASC, proposta por Moreira (2010), discutir as diferentes potencialidades pedagógicas da abordagem da História no Ensino de Ciências, bem como apontar possibilidades e cuidados metodológicos que contribuam para que a ação didática possa ser potencialmente significativa e crítica. Para tanto, vamos analisar tal abordagem à luz dos 11 princípios anunciados por Moreira, divididos nos três grupos mencionados na seção anterior (princípio da aprendizagem significativa; princípios epistemológicos; e princípios metodológicos).

O primeiro princípio proposto por Moreira reforça a noção de que devemos ensinar sempre de acordo com os conhecimentos prévios dos estudantes. Entretanto, como aponta a própria teoria ausubeliana, nem sempre os alunos possuem os subsunções adequados, ou ainda, possuem conhecimentos prévios que dificultariam a aprendizagem de novos conceitos científicos. Nesse contexto, é necessário articular atividades que possam servir de “pontes cognitivas” entre o que o aluno já sabe e o novo conhecimento, o que na TAS, recebe o nome de “organizadores prévios”. Esses permitem que os alunos desenvolvam uma estrutura cognitiva prévia, em que possam ancorar os novos conhecimentos.

Assim, o primeiro papel que a história da ciência pode desempenhar é o de organizador prévio do conhecimento. A apresentação de uma narrativa histórica, ou de um episódio histórico pode servir como ponto de partida para despertar a atenção dos alunos para certos conceitos ou mesmos problemas fenomenológicos e, a partir desse episódio, desencadear a discussão que deseja ser apresentada. Talvez, apresentar a mesma discussão teórica (ou conceitual) sem a contextualização histórica prévia pode se configurar em uma narrativa sem sentido e abstrata. Por outro lado, iniciar o tema com a caracterização histórica pode criar o ambiente conceitual adequado para que a discussão teórica pretendida possa se estabelecer e ancorar, tornando-se significativa. Ademais, como pressuposto pela TAS, é fundamental que o aluno tenha

predisposição em aprender, ou seja, tenha interesse. A discussão histórica, como é amplamente sabido, tem o potencial de despertar tal interesse, aproximando a ciência do aluno, desfazendo o mito da genialidade e outros estigmas, que tornam a ciência uma prática inalcançável no imaginário dos alunos. Assim, a história pode ser uma fonte de motivação, interesse e engajamento emocional com a discussão que vai ser apresentada. Alguns exemplos de trabalhos que exploram tal potencialidade da abordagem histórica podem ser encontrados em Matthews (2014), Peduzzi, Martins e Ferreira (2012). Mais especificamente, pode-se encontrar trabalhos que, explicitamente, usam a história da ciência como uma abordagem para formar organizadores prévios, permitindo que os alunos desenvolvam uma primeira estrutura sobre o conhecimento, na qual possam ancorar as discussões futuras, seja por meio de histórias sobre a vida dos cientistas (MENEZES; KALHIL, 2009) ou tendo contato com os trabalhos históricos originais (BOSS; SOUZA FILHO; CALUZI, 2009).

Na sequência, passamos para o que denominamos como “princípios epistemológicos” da TASC. Segundo Moreira, mais importante do que aprender respostas é aprender as perguntas (princípio 2). Infelizmente, praticamente todo o ensino contemporâneo ainda negligencia esse princípio. Apenas para dar um exemplo, um dos livros mais usados para ensinar a Teoria Quântica abre sua apresentação postulando a famosa Equação de Schrödinger e ensinando como a resolver (GRIFFITHS, 2005). Seguindo a orientação de Moreira, tão importante quanto conhecer a Equação de Schrödinger ou saber resolvê-la é entender quais perguntas Schrödinger queria responder quando chegou à sua equação, quais caminhos ele seguiu, quais eram as suas dúvidas, angústias e ponderações.

A história da ciência é justamente capaz de mostrar isso. Podemos resgatar o debate original e, junto com os alunos, trilhar não somente as respostas, mas, sobretudo, as perguntas que foram feitas para que o conhecimento pudesse ser estabelecido. Tais perguntas, no contexto histórico, permitem trazer para o contexto pedagógico a reflexão sobre a importância do questionamento tanto quanto da resposta – fomentando e encorajando nos alunos uma postura autônoma, indagadora, reflexiva e crítica. No exemplo que mencionamos, essas reflexões podem ser encontradas em diferentes trabalhos (KARAM, 2019; 2020). Outros exemplos de episódios que são resgatados no contexto didático podem ser encontrados em Batista, Drummond e Freitas (2015), Fonseca et al. (2017), Lima, Cavalcanti e Ostermann (2021), Oliveira (2011) e Silva e Guerra (2015).

Quando apresentamos uma narrativa histórica, ou mesmo um texto histórico original, entretanto, algo muito interessante acontece: percebemos que existe uma rede

de proposições e significados muito mais ampla e complexa do que, usualmente, aparece nos livros didáticos contemporâneos. Seguindo ainda o exemplo de Schrödinger, em seu trabalho original, encontramos uma concepção totalmente distinta sobre a função de onda do que é apresentado atualmente. Mais do que isso, percebemos que Schrödinger divergia em diferentes pontos de seus antecessores, como de Broglie (LIMA; KARAM, 2021), bem como foi contrariado pelos pesquisadores da Escola de Copenhague, que, posteriormente, dariam origem à interpretação ortodoxa.

Alguém poderia se questionar se tal multiplicidade e complexidade de interpretações seria prejudicial ao processo pedagógico. Entendemos que, a partir da TASC, a resposta é definitivamente não. Ensinar tal pluralidade interna à ciência não só não é prejudicial como é justamente o que deve ser feito caso queiramos promover uma aprendizagem crítica. Como aponta Moreira, para o ensino que prepare para a contemporaneidade, precisamos ensinar que tudo que temos acesso são representações do mundo e que cada um de nós é um preceptor a propositor de tais representações, a partir de suas próprias estruturas e experiências (princípio 4). Ademais, as palavras (e, acrescentamos nós, as equações), sempre permeiam toda tentativa de explicar o mundo (princípio 5) e têm seu sentido apenas nas pessoas (princípio 6). O significado que Schrödinger, por exemplo, atribuía à sua equação não é o mesmo que Born o fazia. O significado não está na equação em si, mas nas redes conceituais que usamos para interpretá-la. De acordo com a TAS, cada novo conceito só é significado a partir dos conceitos prévios, e o significado dos conceitos prévios também se modificam com o novo conceito. Isso é visível no processo histórico da ciência.

Não somente isso, mas ao se debruçar sobre a história da ciência, vemos que essa evolui por uma constante superação de erros, para parafrasear Bachelard (1984). Isto é, as apresentações científicas são tentativa de explicar os dados empíricos com os melhores conhecimentos de uma época. Tais soluções, de uma forma geral, podem ser sempre consideradas limitadas e provisórias. É a superação das visões que garante o constante desenvolvimento da ciência. Apresentar os conceitos em seu desenvolvimento histórico implica mostrar a superação dos erros, as correções e retificações, envolve mergulhar em um mundo de incertezas e tentativas, em contraste ao mundo de certezas absolutas da pedagogia tradicional (princípio 7). O erro, dessa forma, deve ser entendido como parte fundamental da ciência e, na verdade, de qualquer construção de conhecimento.

Ao ver o erro como parte do processo de desenvolvimento, pode-se chamar atenção do aluno para que ele valorize seus próprios erros e dificuldades, pois esses são partes fundamentais do seu processo de desenvolvimento. Assim, diferentemente da

pedagogia tradicional, em que o erro é visto como algum ruim, passível de punição, o erro em uma perspectiva significativa crítica é saudado como parte fundamental do processo, e a abordagem histórica nos ajuda a construir essa nova cultura.

Nesse processo de representação do mundo que a história nos permite analisar, vemos que – como toda representação – há fatores que são privilegiados em favor de outros que são, naquele contexto, apagados. Quais fatores Einstein precisou desconsiderar para propor o conceito de *quantum*? O que Schrödinger precisou desconsiderar para chegar na sua Equação de Onda? O que Bohr não levou em consideração ao propor seus postulados quânticos? Essas perguntas só podem ser respondidas com uma abordagem histórica, e sua discussão em sala de aula nos permite perceber que o conhecimento, enquanto representação do mundo, sempre exige escolhas sobre aquilo que pretendemos descrever e aquilo que precisamos ignorar (princípio 8).

Ainda, nesse processo, para além do método indutivista e dedutivo que fazem parte da ciência, encontramos diversos exemplos, em que o pensamento criativo, o uso de metáforas e analogias, bem como as perguntas corretas, propiciaram profundos avanços na forma de representar o mundo (princípio 9). Alguns exemplos disso podem ser encontrados em (SIMPSON, 2010; 2019). Ao trazer tais reflexões para a sala de aula, permitimos que o aluno desenvolva uma concepção mais ampla sobre o desenvolvimento científico, apropriando-se ele mesmo de diferentes formas de produção de conhecimento. Ao trazer episódios históricos que enfatizam o papel das diferentes formas de mediação semiótica no fazer científico, pode-se explorar na sala de aula como os diferentes tipos de recursos (sejam eles discursivos, matemáticos ou simbólicos de uma forma geral), podem ser mobilizados pelo aluno em sua tentativa de compreender o mundo. Nesse tipo de abordagem, as perguntas, metáforas, analogias, e diferentes formas de representação passam a ser ferramentas de expressão e crítica sobre a realidade em que vivemos.

Por fim, podemos reconhecer o potencial da abordagem de história da ciência em termos metodológicos. Primeiramente, o livro didático – infelizmente – ainda desempenha um papel central no ensino de ciências. Ter apenas um tipo de material educativo, por si só, já é um problema epistemológico e pedagógico. Como reforçado pela TASC, a linguagem desempenha um papel fundamental na representação do mundo. Portanto, faz parte do processo educativo viabilizar que os alunos entrem em contato com diferentes tipos textuais e gêneros discursivos. Nesse sentido, é importante que o aluno seja exposto a textos didáticos, textos históricos, artigos científicos, cartas, fontes primárias, fontes secundárias, textos verbais, não verbais, etc. Além do problema intrínseco de adotar apenas um tipo de texto em sala de aula, notoriamente, os nossos

textos didáticos estão longes de oferecer um ensino potencialmente significativo e crítico, como podemos encontrar em diferentes pesquisas (CHAIB; ASSIS, 2007; MARTINS, 2006). A abordagem histórica dessa forma nos convida para, além do uso do livro didático, trazer novas narrativas didáticas, textos de historiadores ou mesmas fontes primárias (artigos, diários, livros, cartas, etc.).

Além da diversificação dos materiais didáticos, a abordagem histórica nos permite modificar as estratégias didáticas adotadas em aula (princípio 10), permitindo, por exemplo, que se promova trabalhos colaborativos, aprendizado por investigação, simulação de experimentos históricos, debates, entre outros. Ao trazer tais metodologias, permite-se também que o próprio conceito de avaliação se afaste da concepção reprodutivista das provas tradicionais, isto é, da concepção da avaliação como um momento em que o aluno deve reproduzir a narrativa do professor. A abordagem histórica nos convida a pensar em atividades que os alunos precisam traçar suas próprias reflexões e se expressar sobre os textos lidos e debatidos. Assim, ela demanda a produção e criação ativa de textos, discursos e representações do mundo (princípio 11). Com isso, o aluno sai de um posicionamento passivo diante do mundo e do conhecimento e exercita sua autonomia epistêmica.

Enfim, conforme mostramos na seção anterior, existe um abismo entre o ensino mecânico, que insiste, muitas vezes, em ser a tônica da sala de aula e o ensino significativo crítico. Muito além de uma diferença metodológica ou prática, a TASC apresenta uma diferente visão de mundo, subsidiada por uma concepção epistemológica específica, que enseja uma nova postura didática. Ao longo dessa seção, mostramos que a abordagem da história da ciência na aula de ciências tem potencial para fomentar cada um dos 11 princípios preconizados por Moreira (2010), contribuindo para a promoção de uma aprendizagem significativa crítica. Deve-se ter consciência, entretanto, que a mera adoção de uma abordagem histórica não garante a aprendizagem significativa crítica. Isto é, é possível trazer uma abordagem histórica que ainda se alinhe ou mesmo reforce a aprendizagem meramente mecânica. Ainda que, dentro da teoria ausubeliana, não haja nenhum problema em si em desenvolver uma aprendizagem mecânica, o problema residiria em apenas limitar-se a esse tipo de aprendizagem.

Para que a abordagem histórica no ensino de ciências seja, de fato, promotor de uma aprendizagem significativa crítica, às abordagens pedagógicas devem ser cuidadosamente organizadas pelo docente de forma a se alinharem com propostas consistentes pedagogicamente e que tragam metodologias alinhadas com tal perspectiva, como é feito na proposta da TASC. Caso contrário, teremos apenas um ensino histórico mecânico. Na próxima seção, traçamos algumas reflexões sobre que cuidados

metodológicos devem ser tomados para garantir a adequação da abordagem didática com os princípios da TASC.

## 4. Possibilidades Metodológicas

Primeiramente, deve-se fazer uma ponderação sobre o tipo de material que pode ser utilizado na sala de aula. De uma forma geral, temos três opções: primeiramente, pode-se trabalhar diretamente com as chamadas fontes históricas primárias (os artigos, cartas, livros, diários, originais); em segundo lugar, pode-se trabalhar com textos históricos secundários (narrativas de pesquisadores sobre as obras primárias); por fim, pode-se adotar narrativas históricas especialmente criadas para o contexto pedagógico. Enquanto a terceira categoria abarca textos já pensados para a atividade pedagógica, as duas primeiras usualmente trazem textos escritos para especialistas e, portanto, demandam cuidados maiores, que serão discutidos na próxima seção.

Em termos de possibilidade metodológica, também podemos pensar em duas categorias (valendo-se dos conceitos propostos na TASC): atividades centradas na narrativa e atividades que abandonam o privilégio da narrativa. As atividades centradas na narrativa são aquelas que sustentam o predomínio da aula expositiva. Por exemplo, um professor, ao falar sobre determinado assunto, pode trazer elementos históricos, ou pode organizar sua fala a partir de elementos históricos. Embora essa abordagem possa ter potencialidades, como contribuir para formação de organizadores prévios e para a motivação dos alunos, apresentando fatos interessantes, ainda assim, ela apresenta limitações pedagógicas como discutido pela TASC, uma vez que não coloca o aluno no centro da atividade didática, favorecendo uma postura passiva diante do conhecimento.

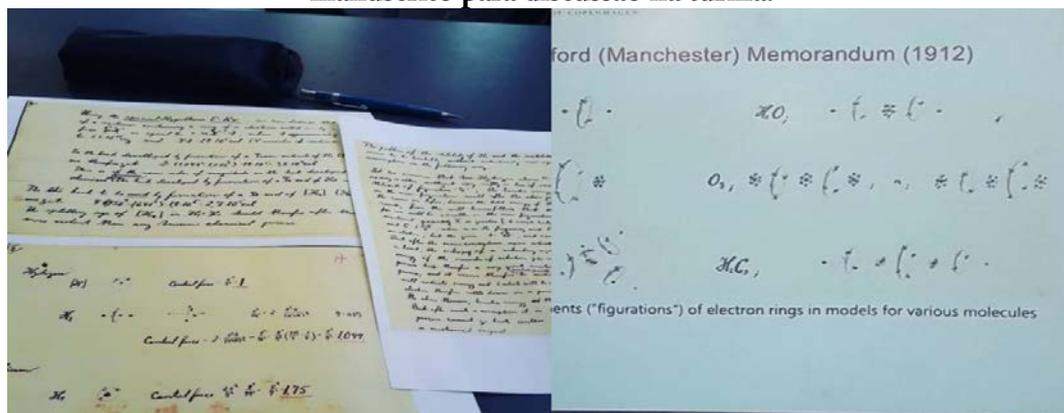
A segunda categoria engloba as abordagens que abandonam a centralidade da narrativa, sendo essas preferíveis, no contexto da TASC, em relação à primeira. Há diversas formas em que a abordagem histórica pode ser trazida em um viés de abandono da centralidade da narrativa. Pode-se apresentar textos históricos (das três categorias anteriormente apresentadas) juntamente com um roteiro de estudos, por exemplo. Tal roteiro pode ser estruturado de forma que as primeiras questões sejam mais objetivas (para auxiliar os alunos a se familiarizar com o texto) e, ao longo do roteiro, as questões podem ficar mais complexas e críticas. Lima, Cavalcanti e Ostermann (2021), exemplificam um conjunto de questões sobre textos primários pode contribuir ser usado no contexto didático.

Outra alternativa interessante envolve o uso de simulações de experimentos históricos. Nesse caso, pode-se apresentar o contexto histórico do experimento e viabilizar

que os alunos explorem simulações, associando as potencialidades da abordagem histórica com ensino por investigação. Trabalhos como os de Santos, Voelzke e Araujo (2012), Costa e Lourdes (2020) e Giacomelli e Rosa (2021), são exemplos do uso de experimentos históricos como recurso estratégico.

Outra possibilidade é permitir que os alunos explorem textos primários, tentando investigar os trabalhos em uma perspectiva de investigação histórica. Essa proposta foi, por exemplo, adotada no curso de História da Mecânica Quântica da Universidade de Copenhague, Dinamarca, oferecida pelos professores Ricardo Karam e Christian Joas, em que, em uma das atividades, os alunos precisavam se debruçar sobre cópias do manuscrito original de Niels Bohr, que daria origem, posteriormente, ao artigo em que apresenta seu modelo atômico. Imagens do manuscrito nessa aula são apresentadas na Figura 1.

**Figura 1. Manuscrito original do Niels Bohr, entregue para investigação no curso de História da Mecânica Quântica da Universidade de Copenhague, oferecido em 2020. Na esquerda, vê-se a cópia do manuscrito. Na direita, projeção do manuscrito para discussão na turma.**



Outras possibilidades ainda podem englobar o uso de narrativas na sala de aula, uso de obras de arte, representações teatrais, jogos, entre outras estratégias. Existem muitas formas diferentes de se trazer a abordagem histórica para sala de aula. Não temos, aqui, a pretensão de exaurir o tema. Gostaríamos, entretanto, de ressaltar que essas abordagens podem e devem ser exploradas à luz dos princípios da TASC, de forma que, de fato, fomente a aprendizagem significativa crítica.

## 4.1. Alguns cuidados pedagógicos

Conforme temos ressaltado, a abordagem da história da ciência tem o potencial de contribuir para uma aprendizagem significativa crítica. Entretanto, não é qualquer abordagem e qualquer concepção histórica que promove tal caminho pedagógico. Nesta seção, elencamos cinco precauções ou cuidados que podem ser tomados para garantir que a atividade desenvolvida seja potencialmente significativa e crítica.

### I) A abordagem deve ser consistente com os 11 princípios

Um primeiro cuidado que o docente pode tomar é verificar em que medida sua proposição didática se aproxima ou se afasta dos 11 princípios da TASC. Isso pode ser feito se questionando: “essa abordagem parte do conhecimento dos alunos?”, “ela se vale de diferentes materiais educativos?”, “ela rompe com o privilégio da narrativa?”, e assim por diante. Esse processo de questionamento e reflexão garante que a atividade seja desenhada de forma a potencializar a aprendizagem significativa crítica. Talvez, nem todas as atividades consigam se aproximar dos 11 princípios. Nesse caso, o professor deve ter consciência de quais objetivos pretende alcançar com a atividade proposta.

### II) A abordagem deve tratar de conceitos adequados para o nível de formação e para o contexto concreto

Esse cuidado, de certa forma, se refere já ao primeiro princípio proposto por Moreira (2010). Entretanto, resolvemos ressaltá-lo em um tópico específico para enfatizar que a abordagem didática deve ser cuidadosamente preparada de acordo com o contexto concreto em que o professor se encontra. Isso significa que é necessário que o professor conheça a turma, saiba seus interesses e conhecimentos para investir em uma atividade que gere engajamento e que esteja de acordo com a formação dos estudantes. Por isso, embora seja importante termos exemplos de atividades e materiais instrucionais criados por outros professores e pesquisadores, cada docente deve ser responsável pela criação e adequação dos materiais/atividades para suas aulas. Nesse contexto, pode-se perceber a importância de iniciativas que integrem a universidade à escola, seja por programas de pós-graduação profissional ou mesmo por projetos de extensão em que os professores da educação básica são participantes como pesquisadores e protagonistas no processo de construção didática.

III) As obras históricas devem ser selecionadas cuidadosamente para atingir o objetivo pedagógico determinado

Especificando um pouco mais o que foi discutido no item II, mencionamos a importância de ter consciência de que nem todo texto ou episódio histórico é propício para o contexto pedagógico. Há trabalhos cuja concepção, linguagem ou notação são diferentes do que trabalhamos hoje e que, eventualmente, não trazem tanto insight sobre o conhecimento científico tal qual o conhecemos hoje. Nesse sentido, a apresentação histórica exige do professor um trabalho de pesquisa contínuo, que permita identificar obras (ou trechos) que tenham potencialidade didática, isto é, que ajudem os alunos a entenderem a evolução do conhecimento científico. Karam (2021) traz uma discussão sobre a seleção de fontes históricas para uso em sala de aula e mostra que é importante ter consciência de qual o objetivo que se pretende alcançar com o uso do texto histórico.

IV) A abordagem deve ter uma visão historiográfica e epistemológica consistente

Da mesma forma que não é qualquer fonte histórica e qualquer abordagem metodológica que contribuem para uma aprendizagem significativa crítica, não é qualquer abordagem histórica que também contribui nesse sentido. Conforme Moreira (2010) aponta, o ensino crítico deve se opor a noção de verdades absolutas, de uma certeza bem definida e de mostrar um avanço linear do conhecimento e da sociedade. Ao contrário, ele deve evidenciar que a ciência evolui a partir de movimentos permeados de avanços e retrocessos, idas e vindas. Sabe-se que a chamada “história positivista” (FOUCAULT, 2018) é justamente aquela que narra a acumulação linear de conhecimento como uma sobreposição de verdades descobertas. Essa perspectiva historiográfica, portanto, não serve ao objetivo de uma aprendizagem significativa crítica, aproximando-se inclusive do que alguns denominam como pseudo-histórica (ALLCHIN, 2004). É importante, nesse sentido, que a historiografia dialogue explicitamente com possíveis visões de natureza da ciência.

No geral, podemos entender que há três grandes grupos de vertentes historiográficas, as quais podem ser exploradas no contexto pedagógicas: as tendências que privilegiam aspectos epistêmicos; tendências que privilegiam os aspectos sociológicos a partir de uma perspectiva estruturalista; e as perspectivas pós-estruturalistas (LIMA, 2021). Todas elas têm potencialidades pedagógicas, dependendo do objetivo didático.

Em especial, pensando em um ensino crítico, as duas vertentes têm potencial de promover reflexões sobre a relação entre ciência e sociedade (GUERRA, 2021; MOURA, 2021).

#### V) Os conceitos devem ser atualizados

Por fim, deve-se ter o cuidado de identificar como o conceito apresentado em uma abordagem histórica evoluiu ao longo do tempo e de que forma ele está estabilizado no conhecimento contemporâneo. Por exemplo, o *quantum* de Einstein apresenta propriedades corpusculares semi-clássicas, o que é muito diferente da concepção de fóton estabilizada na década de 80 com os estudos de Alan Aspect (GREENSTEIN; ZAJONE, 2006). Se o professor não faz essa atualização na sala de aula, corre-se o risco de que a abordagem histórica prenda os alunos em visões já abandonadas na prática científica. Por isso, é importante que o docente tenha domínio do conceito e se mantenha atualizado.

## 5. Considerações finais

O mundo contemporâneo tem se transformado de forma acelerada. Tais mudanças têm apresentado desafios e dilemas que nos demandam um posicionamento crítico diante da realidade natural e social e, sobretudo, uma ação engajada e cientificamente informada para tomadas de decisão. A pandemia de COVID-19, o fenômeno das *fake news* em eleições de diferentes países, e o avanço do aquecimento global antropogênico são apenas alguns exemplos em que esse posicionamento e ação política, cientificamente informada, são necessários. Ser um cidadão cosmopolítico, para pegar emprestado o conceito de Stengers, não é uma questão de mero apreço intelectual, mas de necessidade – se quisermos construir um mundo habitável e justo.

Isso significa, sobretudo, que não podemos mais ter uma educação somente mecânica e reprodutivista, que ensine verdades absolutas, baseadas em certezas inquestionáveis, em que os alunos são colocados na posição de receptores passivos do conhecimento. É necessário, primeiramente, que esses alunos se percebam como sujeitos construtores do conhecimento e do mundo, que ousem fazer as perguntas e se engajar nos caminhos que levam às melhores respostas, ainda que isso signifique passar pelo erro, pela dúvida e pela incerteza. É necessário que esses alunos se engajem ativamente em seu processo de construção do conhecimento, afetando-se pelo mundo e afetando-o também. Somente assim, eles poderão produzir o que Ausubel denominou

de “aprendizagem significativa”. Entretanto, como aponta Moreira (2010), somente ela não é suficiente para dar conta dos dilemas do mundo contemporâneo. É preciso que essa aprendizagem seja significativa e crítica ao mesmo tempo. Isto é, é fundamental que – nesse processo pedagógico – o aluno também desenvolva um senso de distanciamento antropológico, de forma que, mesmo pertencendo à sua cultura, consiga se afastar dela, percebendo as injustiças, os erros e problemas que devem ser superados. Com uma aprendizagem significativa crítica, a educação terá condições de dialogar de forma concreta com os dilemas do mundo atual.

Neste trabalho, trouxemos uma reflexão sobre como a abordagem histórica pode contribuir para a promoção de uma aprendizagem significativa crítica. Argumentamos que tal abordagem pode contribuir tanto para um melhor entendimento dos conceitos científicos (viabilizando a aprendizagem significativa), bem como para uma melhor compreensão da natureza da ciência e sua relação com a sociedade (fomentando o pensamento crítico).

Dessa forma, podemos entender que, à luz da TASC, as principais objeções a abordagem histórica não se sustentam. Com relação à primeira objeção (a abordagem histórica torna o tema mais complexo/difícil), entendemos que, quando bem preparada, a abordagem histórica leva em conta os subsunçores dos alunos, ou ela mesma funciona como organizador prévio, facilitando a aprendizagem. Com relação à segunda objeção (os conceitos científicos evoluem ao longo do tempo; assim, a abordagem histórica ensina os conceitos errados para depois ensinar os corretos), entendemos que o significado de um conceito nunca é absoluto e universal, mas sempre plural e presente nos diferentes textos. Todo conceito só ganha sentido em uma rede discursiva e, assim, é uma ilusão pensar que podemos ensinar um conceito como algo absoluto e universal. A partir de uma abordagem histórica, o aluno aprende a conectar um conceito a outros conceitos físicos, atribuindo diferentes significados a ele. Assim, o aluno que tem contato com a abordagem histórica, aprende a significar o conceito de forma mais rica e ampla.

Com relação à terceira objeção (trazendo a abordagem histórica na aula, sobrarão menos tempo para discutir a “ciência”), novamente, relembramos que só há aprendizagem significativa quando os alunos conectam novos conhecimentos aos conhecimentos prévios; assim, ao trazer a abordagem histórica como organizador prévio, não se perde tempo; mas se ganha tempo em direção a uma aprendizagem significativa. Com relação à quarta objeção (a história da ciência é até útil se eu quiser um ensino sobre natureza da ciência, ou um ensino politizado; mas, se o objetivo é

ensinar conceitos ou técnicas, então a história é apenas anedótica e desnecessária), novamente o uso da abordagem histórica viabiliza um aprendizado significativo, mesmo quando os objetivos são técnicos, na medida em que permite que os alunos ancorem novos conhecimentos em conhecimentos prévios.

Com relação à quinta objeção (ao trazer a abordagem histórica, perde-se tempo com aspectos não-científicos), deve-se ter sempre a consciência que a abordagem histórica a ser adotada depende do objetivo pedagógico do professor – aulas mais direcionadas a objetivos técnicos podem se valer de abordagens históricas internalistas, enquanto perspectivas que buscam desenvolver o pensamento crítico, podem trazer elementos de novas historiografias, como a história cultural da ciência. Por fim, com relação à última objeção (a abordagem histórica, ao trazer aspectos sociais, pode conduzir ao relativismo), ressaltamos que a abordagem crítica, proposta por Moreira (2010), aponta justamente na direção oposta. É, ao entender a ciência em sua relação com a sociedade, que um cidadão consegue se posicionar criticamente diante do cenário atual e reconhecer o valor da ciência na resolução dos problemas contemporâneos. Assim, por meio de uma abordagem histórica sociológica, é possível fortalecer e valorizar o empreendimento científico de forma madura e crítica.

Ao longo deste trabalho, apresentamos algumas reflexões sobre a abordagem histórica à luz da TASC. Esperamos, com isso, fomentar as discussões sobre os objetivos da educação científica contemporânea, tendo em vista o cenário sociopolítico em que nos encontramos, e as reflexões sobre como a abordagem histórica pode contribuir na formação de uma educação significativa e crítica, capaz de promover um mundo viável, orientada pela busca da preservação ambiental e da promoção da justiça social.

## Notas

- <sup>1</sup> Cosmopolítico é um termo usado pela filósofa belga Isabelle Stengers (2018) e pelo filósofo francês Bruno Latour (2004) para designar o processo de articulação do “mundo comum”, isto é, da realidade comum, compartilhada por diferentes coletivos. Esse processo é “político” na medida em que se refere ao espaço socializado (e não privado), mas envolve também o “cosmos”, visto que atores não-humanos (como vírus, a cama de ozônio, os gases estufa) fazem parte desse processo.
- <sup>2</sup> Instrumentalizar, nesse trecho, está sendo usado no sentido de que o pensamento humano não é apartado dos meios semióticos necessários para expressá-lo (WERTSCH, 1993). Assim, só conseguimos falar do mundo na medida que temos os constructos necessários para essa expressão.
- <sup>3</sup> Visão em que conhecimentos não-científicos seriam equipolentes a conhecimentos científicos. Em outras palavras, não seria possível estabelecer critérios de demarcação precisos entre o campo científico e o não científico. Ver, por exemplo, Chalmers (1993).

<sup>4</sup> No início desse trabalho, trouxemos a concepção de cosmopolítica, utilizados pelos filósofos Bruno Latour e Isabelle Stengers, os quais também participam da denominada virada ontológica da Antropologia. Assim, reconhecendo a importância do distanciamento antropológico no pensamento de Moreira, ressalta-se outras produções do autor sobre contribuições do pensamento de Latour e Stengers para a educação em ciências (MASSONI; MOREIRA, 2015; 2017).

## Referências

- ALLCHIN, Douglas. Pseudohistory and Pseudoscience. *Science & Education*, v. 13, n. 3, p. 179–195, 2004.
- AULER, Décio; DELIZOICOV, Delizoicov. Alfabetização científico-tecnológica pra quê? *Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 3, n. 1, p. 122–134, 2001.
- AUSUBEL, David Paul; NOVAK, Joseph Donal; HANESIAN, Helen. *Psicologia Educativa: un punto de vista cognoscitivo*. 2. ed. Cidade do México: Editorial Trillas, 1983.
- BACHELARD, Gaston. *A Filosofia do Não*. São Paulo: Abril, 1984.
- BATISTA, Giovanninni. L. de F.; DRUMMOND, Juliana M. H.; FREITAS, Daniel B. Fontes primárias no ensino de Física: considerações e exemplos de propostas. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 32, n. 3, p. 663–702, 2015.
- BOSS, Sergio L. B.; SOUZA FILHO, Moacir P.; CALUZI, João J. Fontes Primárias e aprendizagem significativa: aquisição de subsunçores para a aprendizagem do conceito de carga elétrica. *In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS*, 7, 2009. p. 1–12.
- CAJORI, Florian. The Pedagogic Value of the History of Physics. *The School Review*, v. 7, n. 5, p. 278–285, 1899.
- CHAIB, João. P. M. C.; ASSIS, Andre. K. T. Distorção da obra eletromagnética de Ampère nos livros didáticos. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 29, p. 65–70, 2007.
- CHALMERS, Alan F. *O que é Ciência afinal?* São Paulo: Editora Brasiliense, 1993.
- COSTA, Márcia da; LOURDES, Irinéia. Abordagem histórico-didática para o ensino da Teoria Eletrofraca utilizando simulações computacionais de experimentos históricos. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 37, n. 1, p. 242–262, 2020.
- DAMASIO, Felipe; PEDUZZI, Luiz O. Q. A Coerência e Complementaridade entre a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica e a Epistemologia de Paul Feyerabend. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 20, n. 3, p. 61–83, 2015.
- DAMASIO, Felipe; PEDUZZI, Luiz O. Q. História e filosofia da ciência na educação científica: para quê? *Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 19, p. e2583, 2017.

- DAMASIO, Felipe; PEDUZZI, Luiz O. Q. Para que ensinar ciência no século XXI? Reflexões a partir da filosofia de Feyerabend e do ensino subversivo para uma aprendizagem significativa crítica. *Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 20, p. e2951, 2018.
- FONSECA, Deyzianne S.; DRUMMOND, Juliana M. H. F.; OLIVEIRA, Wesley C.; BATISTA, Giovannini L. F.; FREITAS, Daniel B. Pressão atmosférica e natureza da ciência: uma sequência didática englobando fontes primárias. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 12, n. 1, p. 145, 2017.
- FORATO, Thaís. C. de M.; PIETROCOLA, Mauricio; MARTINS, Roberto D. A. Historiografia e natureza da ciência na sala de aula. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 28, n. 1, p. 27–59, 2011.
- FOUCAULT, Michel. *Microfísica do Poder*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2018.
- FREIRE, Paulo. *Pedagogia da Autonomia: saberes necessários à prática educativa*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2013c.
- FREIRE, Paulo. *Pedagogia da Esperança: um reencontro com a pedagogia do oprimido*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2013a.
- FREIRE, Paulo. *Pedagogia do Oprimido*. Rio de Janeiro: Terra e Paz, 2013b.
- GIACOMELLI, Alisson C.; ROSA, Cleci T. W. da. Significados construídos por acadêmicos de licenciatura em Física durante a execução de experimentos de pensamento históricos. *Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 23, p. e33553, 2021.
- GREENSTEIN, George; ZAJONE, Arthur G. *The Quantum Challenge – Modern Research on the Foundation of Quantum Mechanics*. Sudbury: Jones and Bartlett Publishers, 2006.
- GRIFFITHS, David J. *Introduction to Quantum Mechanics*. 2. ed. London: Pearson, 2005.
- GUERRA, Andreia. Novas perspectivas historiográficas para história de ciências no ensino: discutindo possibilidades para uma educação em ciências mais política. *Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática*, v. 4, n. 3, edição especial, p. 1083-1100, 2021.
- GURGEL, Ivan. Editorial: Reflexões político-curriculares sobre a importância da história das ciências no contexto da crise da modernidade. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 37, n. 2, p. 333–350, 2020.
- HERBART, Johann. F. *The Science of Education and its general principles deduced from its aim and the aesthetic revelation of the world*. Boston: D. C. HEATH & CO., PUBLISHERS, 1893.
- JASANOFF, Sheila. *Designs on Nature: Science and Democracy in Europe and the United States*. Princeton: Princeton University Press, 2007.

JUNGES, Alexandre; MASSONI, Neusa T. O consenso científico sobre aquecimento global antropogênico: considerações históricas e epistemológicas e reflexões para o ensino dessa temática. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 18, n. 2, p.455-491, 2018.

KARAM, Ricardo. Considerações metodológicas sobre o uso de fontes primárias no ensino de Física. *Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática*, v. 4, n. 3, edição especial, p. 1067-1082, 2021.

KARAM, Ricardo. Schrödinger's original struggles with a complex wave function. *American Journal of Physics*, v. 88, n. 6, p. 433–438, 2020.

KARAM, Ricardo. Why are complex numbers needed in quantum mechanics? Some answers for the introductory level. *American Journal of Physics*, v. 88, n. 1, p. 39–45, 2019.

KARAM, Ricardo; LIMA, Nathan. Using history of physics to teach physics? In: GUIASOLA, J.; MCLOUGHLIN, E. (Eds.). ICPE (International Commission of Physics Education) Handbook - "Connecting Research in Physics Education with Teacher Education 3". 2021 (Prelo).

KINCHELOE, Joel L.; TOBIN, Kenneth. The much exaggerated death of positivism. *Cultural Studies of Science Education*, v. 4, n. 3, p. 513–528, 2009.

LATOUR, Bruno. Whose Cosmos, which Cosmopolitics? *Common Knowledge*, v. 10, n. 3, p. 450–462, 2004.

LIMA, Nathan W. Histórias plurais para a construção de um mundo comum: como História, Filosofia e Sociologia das Ciências na educação em Ciências podem contribuir para construção do mundo pós-pandemia. *Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática*, v. 4, n. 3, edição especial, p. 1027-1046, 2021.

LIMA, Nathan W.; GUERRA, Andreia.; ROSA, Cleci W. da. Editorial. *Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática*, v. 4, n. 3, edição especial, 2021.

LIMA, Nathan W.; KARAM, Ricardo. Particle velocity = Group velocity: A common assumption in the different theories of Louis de Broglie and Erwin Schrödinger. *American Journal of Physics*, v.89, n. 5, p. 521-528, 2021.

LIMA, Nathan; CAVALCANTI, Claudio; OSTERMANN, Fernanda. Concepções de dualidade onda-partícula: uma proposta didática construída a partir de trechos de fontes primárias da Teoria Quântica, *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 43, p. e20200270, 2021.

MACH, Ernst. *The Science of Mechanics: A Critical and Historical Account of Its Development*. The Open Court Publishing Company, 1902.

- MARTINS, Isabel. Analisando livros didáticos na perspectiva dos estudos do Discurso: compartilhando reflexões e sugerindo uma agenda para a pesquisa. *Pro-Posições*, v. 1, n. 49, p. 117–136, 2006.
- MASSONI, Neusa T.; MOREIRA, Marco Antonio. A visão epistemológica de Isabelle Stengers. *Ensino, Saúde e Ambiente*, v. 8, p. 111–141, 2015.
- MASSONI, Neusa T.; MOREIRA, Marco Antonio. A visão etnográfica de Bruno Latour da Ciência Moderna e a antropologia. *Revista Brasileira de Ensino Ciência e Tecnologia*, v. 10, n. 3, p. 61–80, 2017.
- MATTHEWS, Michael R. (Org.). *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching*. Berlin: Springer, 2014.
- MATTHEWS, Michael R. History, philosophy, and science teaching: the present rapprochement. *Science & Education*, v. 1, n. 1, p. 11–47, 1992.
- McCOMAS, William F. Considering a consensus view of nature of science content for school science purposes. In: McCOMAS, William F.; CLOUGH, Michael (Orgs.). *Nature of science in science instruction*. Switzerland: Springer Nature, 2020. p. 23–34.
- MCINTYRE, Lee. *Post-Truth*. Cambr: MIT Press, 2018.
- MENEZES, Ana Paula; KALHIL, Josefina. História das Ciências e TIC: Organizador Prévio no processo ensino-aprendizagem de Física na Amazônia. *Revista Areté - Revista Amazônica de Ensino de Ciências*, v. 2, n. 3, p. 144–150, 2009.
- MOREIRA, Marco Antonio. *Aprendizagem Significativa Crítica*. 2ª ed. 2010. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/apsigcritport.pdf>. Acesso 2 out. 2021.
- MOREIRA, Marco Antonio. *Teorias de aprendizagem*. São Paulo: EPU, 1999.
- MOURA, Cristiano B. de; CAMEL, Tania; GUERRA, Andreia. A natureza da ciência pelas lentes do currículo: normatividade curricular, contextualização e os sentidos de ensinar sobre ciências. *Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 22, p. 1–27, 2020.
- MOURA, Cristiano. Para que história da ciência no ensino? Algumas direções a partir de uma perspectiva sociopolítica. *Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática*, v. 4, n. 3, edição especial, p. 1155-1178, 2021.
- NARDI, Roberto. Memórias da educação em Ciências no Brasil: A pesquisa em ensino de Física. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 10, n. 1, p. 63–101, 2005.
- OLIVEIRA, Odisséa B. de. Em defesa da leitura de textos históricos na formação de professores de ciências. *Pro-Posições*, v. 22, n. 1, p. 71–82, 2011.
- PEDUZZI, Luiz O. Q.; MARTINS, André F. P.; FERREIRA, Juliano M. H. *Temas de História e Filosofia da Ciência no Ensino*. Natal: Editora da UFRN, 2012.

PIAGET, Jean. *Epistemologia Genética*. Rio de Janeiro, Vozes, 1973.

PINHÃO, Francini; MARTINS, Isabel. Cidadania e ensino de ciências : questões para o debate. *Revista Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 18, n. 3, p. 9–29, 2016.

POSTMAN, Neil; WEINGARTNER, Charles. *Teaching as a subversive activity*. New York: Dell Publishing Company, 1969.

REIMERS, Fernando M. *Education and climate change: what is the role of universities*. Berlin: Springer, 2020.

SANTOS, Antonio J. J.; VOELZKE, Marcos R.; ARAUJO, Mauro S. T. O Projeto Eratóstenes: a reprodução de um experimento histórico como recurso para a inserção de conceitos da Astronomia no Ensino Médio. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 29, n. 3, p. 1137–1174, 2012.

SILVA, Ana Paula B.; GUERRA, Andreia. *História da Ciência e Ensino: Fontes primárias e propostas para sala de aula*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2015.

SILVA, Tomaz da. *Documentos de Identidade: Uma Introdução às teorias do currículo*. Belo Horizonte: Autentica, 2010.

SIMPSON, Thomas K. *Figures of Thought*. Santa Fe: Green Lion Press, 2019.

SIMPSON, Thomas K. *Maxwell's Mathematical Rhetoric: Rethinking the Treatise on Electricity and Magnetism*. Santa Fe: Green Lion Press, 2010.

STENGERS, Isabelle. A proposição cosmopolítica. *Revista do Instituto de Estudos Brasileiros*, n. 69, p. 442–464, 2018.

VIDEIRA, Antonio A. P. Historiografia e história da ciência. *Escritos*, v. 1, n. 1, p. 111–158, 2007.

WERTSCH, James V. *Voices of the Mind: A sociocultural approach to mediated action*. Cambridge: Harvard University Press, 1993.

YACoubIAN, Hagob A.; HANSSON, Lena. *Nature of Science for Social Justice*. Berlin: Springer, 2020.