

A NATUREZA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE CIÊNCIAS: UMA IMAGEM DA ATIVIDADE CIENTÍFICA MAIS ADEQUADA AO ENSINO?

THE NATURE OF SCIENCE IN SCIENCE TEACHING: AN IMAGE OF SCIENTIFIC ACTIVITY MORE APPROPRIATE TO TEACHING?

Luiz Henrique Martins Arthury¹

Resumo: As diversas abordagens epistemológicas da atividade científica produziram uma vasta discussão acadêmica com muitas visões diferentes a respeito da natureza da ciência. Contudo, alguns autores sugerem possíveis pontos de consenso entre os resultados obtidos pelos epistemólogos. Entre esses pontos, os discutidos por um trabalho de Gil-Pérez e colaboradores (2001) têm fundamentado diversos outros com objetivos correlatos, mas que podem levar a uma imagem de ciência que se distancia do realismo científico no ensino de ciências. Neste trabalho, revisitamos e tecemos algumas considerações sobre os elementos de consenso discutidos por Gil-Pérez e colaboradores, com um foco em possíveis entendimentos inadequados transmitidos pelo ensino de ciências, subsidiando o professor interessado em trabalhar questões sobre a atividade científica em sala de aula.

Palavras-chave: Natureza da Ciência; Imagens da Atividade Científica no Ensino; Realismo Científico.

Abstract: The different epistemological approaches to scientific activity have produced a vast scientific discussion with many different views on the nature of science. However, some authors corrected possible points of consensus between the results obtained by epistemologists. Among these points, those discussed in a work by Gil-Pérez and collaborators (2001) have supported several others with related objectives, but which can lead to an image of science that distances itself from scientific realism in science education. In this work, we revisit and weave some considerations on the elements of consensus discussed by Gil-Pérez and collaborators, with a focus on possible inadequate understandings transmitted by science education, supporting the teacher interested in working on questions about scientific activity in the classroom.

Keywords: Nature of Science; Images of Scientific Activity in Teaching; Scientific Realism.

1 Introdução

A atividade científica vem sendo descrita (ou prescrita) por pensadores há pelo menos quatrocentos anos. Diversos autores produziram inúmeras abordagens propondo explicar o funcionamento da ciência, e seria ingênuo supor que hoje temos uma definição consensual abrangente, clara e objetiva. Contudo, ao longo do séc. XX

¹ Doutor em Educação Científica e Tecnológica (UFSC). Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), Jaraguá do Sul, SC, Brasil. E-mail: luiz.arthury@ifsc.edu.br.

DOI: <https://doi.org/10.33238/ReBECeM.2021.v.5.n.3.28504>

produzimos alguns pontos de consenso que podem nortear práticas de ensino compromissadas com visões mais adequadas da atividade científica.

Se não temos um método científico ubíquo, temos bons indicativos de como não se dá a atividade científica. Por exemplo, o importante artigo de Gil-Pérez, Montoro, Alís, Cachapuz e Praia (2001), ilustrou algumas visões deformadas do trabalho científico, indicando em decorrência algumas características essenciais desse trabalho. Conforme apresentaremos a seguir, os assuntos tratados nesse artigo de Gil-Pérez e colaboradores subsidiaram outros trabalhos focados na educação científica, que têm representado uma frente de grande valia no ensino das disciplinas científicas, em abordagens que não se limitam ao ensino dos resultados da ciência, mas também se preocupam com a natureza da ciência no ensino, ou seja, uma apresentação adequada do próprio funcionamento da atividade científica.

Mas apesar de estarmos de acordo com as características descritas por Gil-Pérez *et al.* (2001) (apresentadas na sequência), ao longo de diversas implementações de atividades didáticas voltadas a uma apresentação da atividade científica temos percebido uma breve, porém importante, insuficiência dessas características. Naturalmente não pretendemos em nenhum momento que essas características representem um conjunto fechado e definitivo, e pensamos que muito menos seus autores assim o tenham considerado. Entrementes, ao analisarmos os resultados de algumas práticas, tanto nossas quanto de algumas descritas na literatura, temos uma incômoda impressão de que, ao invés de estarmos construindo uma imagem adequada da atividade científica, temos apenas desconstruído (um pouco) uma imagem empirista ingênua desta.

Isso pode ser visto como algo positivo, não fosse uma decorrência perigosa: talvez estejamos deixando uma imagem relativista no lugar, que não apenas diminui o poder do pensamento científico, como também permite o surgimento de posições relativistas e anticientíficas, como já alertaram outros autores (MATTHEWS, 1998; ALLCHIN, 2011; MARTINS, 2015).

Talvez alguns pensem que isso é o que basta: fazer nossos alunos abandonarem, por exemplo, a noção de que produzimos nossas teorias simplesmente por meio da observação, ou abandonarem a ideia de que experimentos provam categoricamente as teorias científicas. Ou abandonarem a imagem típica do cientista como um indivíduo excêntrico, com inteligência aguçada, e que trabalha à revelia da sociedade. Esses são

DOI: <https://doi.org/10.33238/ReBECeM.2021.v.5.n.3.28504>

bons objetivos a mantermos em nossos trabalhos, claro. Mas o que terá efetivamente ficado com o aluno?

Se desconstruirmos as noções ingênuas sobre a atividade científica, os alunos estarão mais aptos a entender as razões da imensa capacidade da ciência em produzir resultados impressionantes no entendimento do mundo? É o que procuraremos discutir na sequência, sendo nosso objetivo geral tecer considerações sobre alguns possíveis problemas decorrentes em se seguir acriticamente categorias analíticas de visões mais consensuais sobre a atividade científica.

Com isso, buscamos sugerir que podemos manter as recomendações de um ensino mais voltado às questões de produção do conhecimento científico, que se preocupa genuinamente em atacar as visões ingênuas da atividade científica, porém sem diminuir a racionalidade e o realismo que tão frontalmente moldaram o modo pelo qual nossas melhores teorias foram produzidas. E pensamos que estaremos em melhores condições de conseguir isso se atentarmos para algumas considerações sutis nas características descritas por Gil-Pérez e colaboradores (2001). Não em seus apontamentos propriamente ditos, que são rigorosos e bem fundamentados, mas no uso desses apontamentos no contexto efetivo de ensino das ciências naturais, conforme veremos na sequência.

1.1 Para uma imagem não deformada do trabalho científico

Mencionamos na introdução que a ciência vem sendo explicada há pelo menos quatrocentos anos. De fato, o *Novo Órganon* (BACON, 2014), o influente livro de Francis Bacon publicado em 1620, deu a ele a modesta alcunha de fundador do método experimental. Francis Bacon enfatizava a necessidade de um método científico rígido², pelo qual o cientista deveria observar de forma neutra os dados empíricos, e apenas esses em quantidade poderiam levar o cientista, por meio da indução, a conclusões verdadeiras. As descobertas científicas seriam decorrentes essencialmente da experiência sensível, noção que perduraria até o séc. XX com o positivismo lógico, que endossava tanto esse empirismo quanto a lógica como elementos centrais da atividade científica, que por sua vez culminaria na confirmação categórica das teorias científicas

²Curiosamente, outro Bacon já tinha prescrito como a ciência deveria se comportar: Roger Bacon, no séc. XIII, insistiu que a ciência deveria trabalhar com um ciclo repetido de observação, hipótese, experimentação e confirmação.

DOI: <https://doi.org/10.33238/ReBECeM.2021.v.5.n.3.28504>

Não tiramos o mérito de Bacon em chamar atenção para a necessidade de “ouvirmos” a natureza, mas certamente suas ideias foram postas em uma época em que ele não podia perceber o quão ingênuas eram suas sugestões. Já no séc. XIX, o influente cientista Ludwig Boltzmann, por exemplo, adotaria posições bastante modernas sobre o pensamento científico, ao enfatizar como o valor dos modelos produzidos pelo cientista seria dado por sua capacidade de produzir novas ideias e conceitos (CERCIGNANI, 2006), ideia que seria explorada também por Lakatos (1979). Mas é no séc. XX que teremos uma produção crítica contundente de assertivas sobre a atividade científica, com autores como Kuhn (1970), Bunge (1976), Feyerabend (1977), Bachelard (1996), Lakatos (1979) e Popper (1993), evidenciando como a atividade científica é mais complexa do que os empiristas e indutivistas faziam crer.

Diferentes epistemólogos, como os citados acima, chegaram em ideias previsivelmente diferentes acerca da atividade científica, por vezes frontais. Mas alguns consensos foram se consolidando. Por mais distintas as ideias desses autores, todos concordaram, por exemplo, que as teorias científicas não podem ser produzidas a partir da simples observação e experimentação. A ideia bastante comum na sociedade de que a ciência trabalha com um método científico rígido, com experimentos provando as teorias, foi bastante atacada por todos esses pensadores. Como resultado, apesar de termos ficado agora com tantas explicações quanto pensadores envolvidos, passamos a considerar a ciência como uma atividade humana complexa sobre a qual não mais cabem noções positivistas de métodos infalíveis e provas peremptórias.

Um trabalho bastante utilizado na área de ensino, que procura elencar assertivas mais adequadas sobre a atividade científica, possui justamente o título desta seção. Gil-Pérez e colaboradores (2001) fizeram um amplo levantamento sobre as visões de professores acerca da ciência, criando sete categorias do que os autores chamaram de visões deformadas sobre o trabalho científico. Em síntese, são elas:

1) **concepção empírico-indutivista e atórica.** Essa visão, a mais assinalada pela literatura segundo os autores, sugere que a ciência se dá pela observação neutra e com experimentos que são vistos sem uma carga teórica por parte do cientista (GIL-PÉREZ *et al.*, 2001);

2) **visão rígida,** comum entre professores de ciências, que assume um método científico rígido, cujos itens (observação, hipótese, experimentação) levam diretamente o cientista às suas teorias, sem margem para criatividade;

DOI: <https://doi.org/10.33238/ReBECeM.2021.v.5.n.3.28504>

3) **visão aproblemática e ahistórica**, que de modo praticamente dogmático só considera a transmissão de conhecimentos prontos, sem considerar os problemas que lhe deram origem, ou seja, sem se preocupar com o contexto que levou a esses conhecimentos, e conseqüentemente sem abordar a racionalidade empregada pela atividade científica;

4) **visão exclusivamente analítica**, que vê a ciência como um amontoado de saberes sem uma relação teórica entre esses, com cada fenômeno sendo explicado de uma forma, ignorando, portanto, os esforços de unificação e entendimento global das teorias científicas;

5) **visão acumulativa de crescimento linear**, que ignora as crises e discussões acadêmicas que fizeram com que conceitos e teorias sofressem profundas modificações, vendo a atividade científica como um simples crescimento cumulativo de saberes;

6) **visão individualista e elitista**, que considera a ciência fruto do trabalho de gênios isolados, alheios à sociedade, que sozinhos definem as experimentações e concluem pela comprovação ou não de uma teoria;

7) por último, uma **visão socialmente neutra** da ciência, que não relewa as relações complexas entre ciência, tecnologia e sociedade, e que coloca o cientista em uma posição neutra, que não possui inclinações subjetivas (GIL-PÉREZ *et al.*, 2001).

Naturalmente, essas visões não representam “[...] uma espécie de “sete pecados capitais” diferentes e autônomos” (GIL-PÉREZ *et al.*, 2001, p. 134).

Parece razoável, por exemplo, que uma visão individualista e elitista da ciência apoie implicitamente a ideia empirista de “descoberta” e contribua, além do mais, para uma leitura descontextualizada e socialmente neutra da atividade científica (realizada por “gênios” solitários). Do mesmo modo, para citar outro exemplo, uma visão rígida, algorítmica e exata da ciência pode reforçar uma interpretação acumulativa e linear do desenvolvimento científico, ignorando as crises, as controvérsias e as revoluções científicas (Idem, p. 134).

Cada uma dessas visões é demonstrada, em maior ou menor grau, por professores. É bastante natural supor, portanto, que os alunos das disciplinas científicas estejam submetidos a essas visões, e de fato já faz um tempo que pesquisas têm evidenciado que esse é efetivamente o caso (LEDERMAN, 1992; ABD-EL-KHALICK; LEDERMAN, 2000), mostrando como o aluno é diretamente influenciado pelas visões do professor. Conforme aponta Lederman (1992), “[...] os fatores mais importantes que influenciam as visões dos estudantes sobre a natureza da ciência são aqueles

DOI: <https://doi.org/10.33238/ReBECeM.2021.v.5.n.3.28504>

relacionados às atividades instrucionais específicas implementadas no contexto de aula” (p. 351). Ainda, os professores não costumam possuir uma concepção epistemológica consistente e clara para eles mesmos, o que pode resultar em “[...] práticas pedagógicas antagônicas, fragilizando o ensino de ciências em razão de incoerências que podem ser sentidas pelos estudantes (CHINELLI *et al.*, 2010, p. 31).

Felizmente tem acontecido tentativas de se abordar elementos da natureza da ciência no ensino, e alguns destes trabalhos tem justamente se aportedado nas sugestões apontadas por Gil-Pérez e colaboradores ou em visões da atividade científica consonantes com essas sugestões (EL-HANI *et al.*, 2004, OKI; MORADILLO, 2008, TOMAZI *et al.*, 2009, TEIXEIRA *et al.*, 2009, VILELA-RIBEIRO; BENITE, 2009, BONIEK, 2010, REZENDE *et al.*, 2010, TOBALDINI *et al.*, 2011, BRICCIA; CARVALHO, 2011, BARBOSA; BAZZO, 2013, SILVA; PRESTES, 2013, OLEQUES *et al.*, 2013, ALVIM; ZANOTELLO, 2014, AZEVEDO; SCARPA, 2017).

Como decorrência das visões deformadas, Gil-Pérez e colaboradores elencam algumas características essenciais do trabalho científico, assentadas em pontos de consenso que podem nos ajudar a não sucumbir em um terreno de complexidades intransponíveis no ensino de ciências. “No fundo, trata-se de evitar que algumas árvores nos impeçam de ver a floresta” (GIL-PÉREZ *et al.*, 2001, p. 135). Em síntese, esses pontos de consenso são:

1) **a recusa da ideia de “Método Científico”**, como se tivéssemos um conjunto de regras definidas em todos os âmbitos da pesquisa científica, que os cientistas seguiriam mecanicamente;

2) **a recusa de um empirismo que concebe os conhecimentos como resultados da inferência indutiva a partir de “dados puros”**, sugerindo que a simples observação nos levaria ao conhecimento científico, sem relevar os referenciais teóricos sofisticados presentes até mesmo numa simples leitura de um instrumento de medida, e sem relevar os paradigmas e rupturas presentes no desenvolvimento da ciência;

3) **deve-se destacar o papel atribuído pela investigação ao pensamento divergente**, ou seja, não se chega às teorias de modo indutivo, mas de modo investigativo e mesmo confrontativo, com diferentes explicações concorrendo para o entendimento de determinado fenômeno, cujo processo de hipótese e teste não se relaciona com certezas, mas, sim, com tentativas de resposta;

DOI: <https://doi.org/10.33238/ReBECeM.2021.v.5.n.3.28504>

4) **a procura de coerência global**, que é, pensamos, um dos elementos definidores da prática científica: cada fenômeno pesquisado não é uma ilha conceitual onde só se aplicam as explicações deste fenômeno. De fato, cada fenômeno pesquisado é parte de uma estrutura geral em que a regra está muito mais deslocada para as unificações, com o fenômeno estudado estando em concordância com o corpo de conhecimento vigente;

5) finalmente, **é preciso compreender o caráter social do desenvolvimento científico**, fugindo do senso comum de um cientista extravagante e genial produzindo suas teorias à revelia da sociedade. Claro, não apenas os problemas colocados ao cientista são resultado de um contexto no qual outras pessoas colaboraram para se chegar neste ponto, como boa parte do que se faz em ciência é resultado de uma demanda coletiva (GIL-PEREZ *et al.*, 2001).

Esses pontos de consenso são tentativas de organizar algumas sugestões, mas é importante mencionar que existem críticas a esse respeito. Allchin (2011), por exemplo, chama atenção para a incompletude de listas como esta, de princípios da natureza da ciência, que frequentemente ocultam diversas características importantes presentes na atividade científica. Concordamos essencialmente com Allchin, com o complemento de que, no contexto do ensino, por vezes pode ser interessante termos alguns princípios iniciais para nortear nossas atividades. E nesse contexto estamos de acordo com as assertivas de Gil-Pérez e colaboradores, que consideramos um conjunto de sugestões relevantes para subsidiar qualquer proposta didática preocupada com elementos da natureza da ciência no ensino.

Mas, como assinalamos anteriormente, o modo pelo qual possíveis discussões baseadas nessas assertivas podem ser feitas no ensino pode resultar numa nova imagem inadequada da ciência, conforme ilustraremos na sequência.

1.2 As características essenciais do trabalho científico revisitadas

O professor preocupado em passar uma imagem mais adequada da atividade científica tem, nas sugestões de Gil-Pérez e colaboradores (2001), um bom conjunto de elementos a serem contemplados em suas atividades. Contudo, se o professor não estiver atento, pensamos que essas mesmas sugestões podem levar o estudante de ciência a formar uma imagem deformada às avessas, que vê as explicações científicas

DOI: <https://doi.org/10.33238/ReBECeM.2021.v.5.n.3.28504>

como simples construções sociais arbitrárias sem nenhum conteúdo de verdade para além da subjetividade do cientista. Até poderíamos concordar ao menos com a procedência dessas premissas, não fosse o fato de que essa maneira alternativa e indouta de se entender o mundo pode resultar em práticas verdadeiramente nocivas à sociedade, como o movimento antivacina, por exemplo (LEWANDOWSKY; OBERAUER, 2016).

O aluno deve ser esclarecido a respeito de visões científicas ingênuas, mas também tem o direito de ser apresentado aos impressionantes constructos da ciência, que nos possibilita prever fenômenos com um grau de acurácia simplesmente inimaginável por qualquer outro meio. Pensamos ser essencial mostrar ao aluno como uma explicação científica está associada a previsões acachapantes de teorias altamente consistentes, e isso não é mutuamente excludente com a criticidade necessária para não se perder de vista os elementos apresentados sobre a natureza da ciência. Cabe ao professor gerenciar adequadamente esses elementos.

Como veremos a seguir, os pontos de consenso sugeridos por Gil-Pérez e colaboradores (2001) podem resultar numa visão deformada que diminui o papel da objetividade da ciência, se o professor não estiver atento aos seus significados. Por exemplo, num trabalho sobre uma proposta didática com vista à discussão da natureza da ciência com graduandos de ciências da natureza, apesar dos resultados globais positivos,

[...] no que tange ao papel da criatividade e da imaginação no trabalho científico, foi observada uma involução conceitual dos alunos [...] em virtude de um desequilíbrio no tratamento das necessidades de rigor, por um lado, e de criatividade e imaginação, por outro, na pesquisa científica (EL-HANI *et al.*, 2004, p. 306).

Nós também já desenvolvemos propostas correlatas em que enfatizamos a centralidade da criatividade e da imaginação do cientista. Só depois percebemos que isso precisa ser tratado com cautela, não porque esses elementos não sejam importantes (de fato, pensamos que continuam sendo centrais), mas porque precisamos avaliar o que pode ter ficado com o aluno: se insistirmos apenas na criatividade e imaginação, então o que difere o cientista do escritor literário de ficção? E pensamos que o cientista pode ser visto, sim, como um artista ou um escritor que só é limitado por sua imaginação. Mas fica claro que isso exige algum complemento.

Por exemplo, Einstein foi bastante inventivo ao chegar na Relatividade Geral imaginando o que sentiria uma pessoa em queda livre (PAIS, 1995), mas a teoria só foi

DOI: <https://doi.org/10.33238/ReBECeM.2021.v.5.n.3.28504>

efetivamente estruturada e testada recorrendo-se a considerações físico-teóricas rigorosas e experimentos sofisticados. E isso também está no âmbito da criatividade. Convenhamos que a ideia de medir a curvatura do espaço por meio da deflexão gravitacional de um raio de luz, por sua vez só possível, à época, em um eclipse total do Sol (PAIS, 1995), é bastante criativa! Mas é todo esse contexto que é valioso e esclarecedor: a imaginação, a rigorosidade, o teste. Sempre que enfatizamos de modo desequilibrado um desses fatores em detrimento de outros, estamos jogando com o que efetivamente ficará com o aluno.

Em parte de um trabalho sobre a natureza da ciência no ensino da história da química (OKI; MORADILLO, 2008), vemos uma mobilização adequada de um realismo sofisticado em relação ao átomo, cujos modelos históricos atestam a complexidade entre modelo teórico e objeto de estudo. Mesmo relatando resultados positivos, os autores mencionaram que “[...] ao final do curso, alguns alunos ainda associavam o átomo a uma parte da realidade, fazendo afirmações carregadas de certo realismo ingênuo” (OKI; MORADILLO, 2008, p. 84). Ora, entendemos perfeitamente a atitude racionalista sofisticada em não se apontar o átomo como uma estrutura existente na natureza exatamente como seus modelos, mas devemos ter o cuidado de não “convencer” o aluno de que as características dos átomos não fazem parte da realidade (de modo algum estamos sugerindo que os autores tenham objetivado isso, e sim que é uma possibilidade a ficar com o aluno, ao final).

Nossos modelos não são a realidade, mas os objetos a que se referem o são. Ou seja, é bastante relevante discutir as complexidades de representação do mundo, mas se isso resultar numa posição onde se negue o objeto como parte da realidade (como a citação acima poderia sugerir) teremos criado um problema a mais. Precisamos nos afastar de um realismo ingênuo (e nisso o trabalho acima se destaca positivamente), mas sem nos aproximar de um solipsismo relativista. Como já sugerimos, o problema não está nos objetivos das propostas que são produzidas, mas no que pode ficar com o aluno caso não estejamos atentos. No caso desse exemplo, o desafio posto é como discutir os modelos atômicos, fugindo de um realismo ingênuo que associa o modelo diretamente ao objeto em questão, mas sem incorrer na consequência indesejada de o aluno pensar que átomos ou suas características não existam objetivamente. E de modo algum sugerimos que isso seja algo trivial.

DOI: <https://doi.org/10.33238/ReBECeM.2021.v.5.n.3.28504>

Uma pesquisa que usou diretamente as características do trabalho científico apontadas por Gil-Pérez e colaboradores (2001) como categorias de análise, em uma proposta didática sobre a natureza da ciência na formação de graduandos em química, ilustra o que pretendemos nesse artigo. Os autores mencionam que:

As características do trabalho científico mais destacadas pelos alunos nos seus textos foram o “caráter social do desenvolvimento científico” e a “recusa de um empirismo que concebe os conhecimentos como resultados da inferência indutiva a partir de “dados puros” (REZENDE *et al.*, 2010, p. 615).

O que é positivo, naturalmente. Mas o alcance dos significados na mente do aluno pode ser traiçoeiro. Um aluno sujeito da pesquisa diz, por exemplo, que “[...] congressos têm por objetivos a exposição e discussão de ideias. Várias pessoas reúnem-se, apresentam seus estudos e procura-se chegar a um senso comum” (REZENDE *et al.*, 2010, p. 611). A ciência se desenvolve também por sua comunidade, claro. Mas noções como essa podem sugerir que os consensos científicos são essencialmente consensos deliberativos no exato sentido das deliberações políticas decididas por votos. Até poderia ser o caso em relação a assuntos essencialmente taxionômicos, como quando foi decidido que Plutão não mais deveria ser considerado um planeta (e mesmo nesse caso existem argumentos consistentes para a referida escolha, que ultrapassam uma simples votação). Mas é claro que conclusões científicas geralmente não são outorgadas como tal desse modo. Enfatizamos que não afirmamos que o referido aluno de fato pense assim. Apenas chamamos a atenção para que isso possa efetivamente ocorrer.

O caráter social do desenvolvimento científico é patente, mas de modo distinto do que se costuma propalar. Os cientistas são membros da sociedade e, como tal, estão sujeitos a toda sorte de influências, mas eles não deliberam, por exemplo, se devemos aceitar, por pressão de um senso comum, os resultados da Mecânica Quântica. Eles testam suas previsões e a aceitação vem em decorrência do sucesso explicativo e preditivo da teoria. Do mesmo modo, os matemáticos não deliberam se o número π deveria ser arredondado para 3, para facilitar nossos cálculos. Nossas decisões são, claro, decisões pessoais, em última instância. Mas nossas decisões realistas e racionalistas são limitadas pelo o que a natureza nos sugere (BUNGE, 1976) e em geral nossos consensos advêm dos resultados da ciência, e não o contrário.

A conclusão de outro trabalho correlato sugere “[...] a necessidade de uma discussão no contexto universitário sobre a influência social no qual o empreendimento

DOI: <https://doi.org/10.33238/ReBECeM.2021.v.5.n.3.28504>

científico está imerso, destacando o papel dos valores, crenças e culturas, da qual o sujeito não se desvincula mesmo em seu trabalho enquanto pesquisador” (TOBALDINI *et al.*, 2011, p. 476). Concordamos com a essência desta afirmação. Mas, novamente, questionamo-nos em que medida essa influência social deva ser tratada e qual resultado ficará com o aluno. Neste mesmo trabalho e página, logo em seguida lemos que uma abordagem nesses termos com professores em formação “[...] pode permitir a formação de futuros profissionais que contestam a existência de “verdades científicas”” (TOBALDINI *et al.*, 2011, p. 476). É claro que concordamos que não existem verdades científicas no sentido de provas categóricas e indiscutíveis. Mas espero que o leitor perceba como isso pode muito facilmente ir para caminhos perniciosos.

Com vista a chamar a atenção para algumas possíveis consequências indesejáveis no ensino de ciências, reconsideremos, então, os pontos de consenso anteriormente apresentados. Apenas como um recurso não rigoroso de *reductio ad absurdum*, faremos algumas perguntas hipotéticas (e propositadamente extremas) que poderiam surgir na mente de um aluno hipotético, que iremos aqui denominar de Alberto:

1. A recusa da ideia de “Método Científico”, como um conjunto de regras a serem seguidas mecanicamente pelo cientista, certamente deve ser um importante tópico a se tratar com os alunos. Alberto: “Então não existe um método? O cientista faz o que quer sem seguir nenhuma metodologia?”. Mesmo no trabalho de Gil-Pérez e colaboradores temos a sugestão de que existem, sim, métodos (GIL-PÉREZ *et al.*, 2001, p. 136). Não temos o Método, em maiúsculas, como os Bacon citados anteriormente poderiam supor, mas qualquer cientista que queira publicar seu artigo em um periódico importante revisado por pares sabe muito bem como existem metodologias de obtenção e tratamento de informação e de exposição de resultados bastante rigorosos. Mesmo que consideremos isso como algo típico do contexto da justificativa, convenhamos que é parte indissociável do que faz o cientista como profissional.

E no contexto da descoberta, quando o cientista está efetivamente pensando em sua pesquisa, também há uma valoração racional dos diferentes fatores envolvidos: a imaginação é importante, mas as possibilidades de verificação são necessárias; crenças e todo o tipo de ideias subjetivas existem, mas são os resultados, os experimentos, as medidas, que suportarão o que se afirma; a serendipidade ocorre, mas a sorte favorece a mente pré-ocupada com a questão; o “chute”, a “aposta” (preferimos a “hipótese”), e

DOI: <https://doi.org/10.33238/ReBECeM.2021.v.5.n.3.28504>

mesmo a tentativa descompromissada têm seu lugar na pesquisa científica mas, novamente, serão repetições experimentais bem controladas, e devidamente engendradas por outros cientistas, que geralmente levarão ao consenso. Logo, a discussão da relação não trivial entre teoria e observação é certamente de grande valia para um entendimento mais sofisticado da atividade científica, mas cuidar com uma imagem de que a ciência funciona às cegas, à mercê dos gostos do cientista, é uma precaução justificada.

2. Para ultrapassar uma visão empirista ingênua da atividade científica, devemos recusar, no ensino de ciências, um empirismo que concebe os conhecimentos como resultados da inferência indutiva a partir de “dados puros”. Alberto: “Então a observação dos fenômenos não nos leva a nenhum conhecimento? Dados não são importantes? Não precisamos nos preocupar com medidas precisas?”. É claro que Alberto está indo muito longe simplesmente a partir do que foi afirmado, mas a questão que defendemos aqui é justamente que não estamos livres dessa possibilidade, de o aluno achar então que os dados não são importantes, o que seria tão equivocado quanto achar que esses mesmos dados nos levam diretamente às teorias ou a às comprovações imediatas dessas.

O que se deve enfatizar, no ensino, é como “[...] esses dados não têm sentido em si mesmos, pelo que requerem ser interpretados de acordo, ou melhor, à luz de um sistema teórico” (GIL-PÉREZ *et al.*, 2001, p. 136). Assim, evidentemente dados são importantes e mesmo centrais na prática científica. Mas eles só se justificam frente a um corpo teórico de conhecimento, que mesmo antecede o que será medido, e determina que tipo de relação será estabelecida entre dado e teoria. Em suma, a ideia é ressignificar a observação e os dados da pesquisa, sem diminuir sua importância enquanto elementos da mesma.

3. O ensino de ciências deve destacar o papel atribuído pela investigação ao pensamento divergente. Não lidamos com verdades indiscutíveis, apenas com hipóteses e tentativas de resposta, e outras explicações para o que se estuda devem ser avaliadas. Alberto: “Mas se não existem verdades e nem os cientistas concordam totalmente, então cada um escolhe sua verdade? Se os cientistas discordam entre si, então nenhuma teoria é melhor que outra?”. Devagar, Alberto. Tudo o que temos são tentativas de resposta, mas essas podem ser tão eficazes, corroboradas e consolidadas que tentativas de relativizar seu sucesso passam a ser, no mínimo, contraproducentes. Basta lembrarmos

DOI: <https://doi.org/10.33238/ReBECeM.2021.v.5.n.3.28504>

que toda a mecânica clássica, newtoniana, foi suplantada pela mecânica relativística, einsteiniana. E deixamos, por isso, de usar a mecânica clássica? Pelo contrário, ela nunca foi tão utilizada, se lembrarmos que é a base de boa parte de nossas engenharias, de tudo o que construímos entre máquinas, prédios e automóveis.

Mesmo que teorias diferentes sejam produzidas, a aceleração de um objeto não deixará de ser dada pela força que atua sobre ele, no contexto newtoniano, do mesmo modo que nossos equipamentos eletrônicos não deixarão de funcionar caso a mecânica quântica seja suplantada. Então não lidamos com verdades inquestionáveis, mas também não lidamos com explicações efêmeras. Ainda, a ideia de que outras explicações devem ser avaliadas pode levar o aluno a pensar que “qualquer explicação” vale, que qualquer subjetividade está em pé de igualdade com a explicação científica, afinal são apenas “teorias”.

Essa visão flerta perigosamente com uma visão de senso comum que iguala “teoria” a mera “opinião”, “visão” pessoal. Não é raro ouvirmos algo como: “Eu tenho uma teoria de que vai chover amanhã”; ou: “Um conselho é só teoria; viver é muito diferente”. Esse uso comum do termo pode trazer consequências ruins para o ensino de ciências (MARTINS, 2015, p. 714).

Mais uma vez, nossa preocupação reside no que pode ficar com o aluno. É claro que em um contexto eminentemente científico nossas explicações sempre devem ser avaliadas frente a outras possíveis. Nossas teorias possuem uma alta correlação empírica, e junto ao caráter inventivo e mesmo temporário de nossas explicações devemos oferecer ao aluno bateladas de exemplos que ilustram como as predições possibilitadas por essas mesmas explicações são acuradas e contundentes. E, a menos que não sejamos realistas, é claro que uma teoria pode ser melhor que outra, ao lidar com um dado fenômeno, justamente por sua capacidade preditiva que resulta em situações de teste importantes para a avaliação de sua capacidade explicativa.

4. A procura de coerência global é o ponto de consenso que consideramos menos sujeito a extremismos por parte de Alberto. De fato, não vemos como insistir no corpo teórico da ciência enquanto elemento organizador e unificador dos fenômenos naturais possa resultar em visões inadequadas sobre a atividade científica. O contrário é que deve ser confrontado: a ciência não é um apanhado ilimitado de descobertas desconexas e de explicações unitárias.

Apesar de dividirmos a física, por exemplo, em campos distintos, os fenômenos subjacentes estão tão interligados (e aqui deve residir os esforços didáticos, em mostrar

DOI: <https://doi.org/10.33238/ReBECeM.2021.v.5.n.3.28504>

essa realidade ao aluno) que de fato poucas teorias abrangentes são necessárias para explicá-los. O resultado é que, a cada vez que nos deparamos com algum fenômeno mais peculiar, aparentemente isolado, tentamos averiguar se não é resultado de um corpo teórico já estabelecido. Ao longo do séc. XX testemunhamos um conjunto vastíssimo de descobertas (ou previsões corroboradas) aportadas por teorias abrangentes que se consolidam a cada novo sucesso. Teorias que foram exaustivamente testadas, por vezes violentamente atacadas, e sobreviveram por méritos. O que também é um complemento do ponto de consenso anterior.

5. O último ponto de consenso é o mais delicado. Certamente o ensino de ciências deve possibilitar ao aluno compreender o carácter social da atividade científica, mas o desafio não trivial é saber discernir de que influência social estamos falando e em que medida o desenvolvimento da ciência é determinado por essa influência. O Alberto pode perguntar: “As teorias científicas são determinadas pela sociedade em geral? Não são os cientistas que determinam isso? As leis e conceitos da ciência são resultado de pressões sociais de fora da ciência? O cientista como indivíduo não determina leis, teorias, experimentos?”. Estamos bem cientes de como a instituição científica opera por tensões eminentemente sociais, mas temos percebido muita confusão envolvendo os termos: cientista, comunidade científica, influência social e determinação social. Para não nos repetirmos demasiadamente em relação a outro trabalho onde fizemos uma argumentação mais extensa a esse respeito (ARTHURY; GARCIA, 2020), seremos concisos aqui.

Consideramos essencial discorrermos, no contexto do ensino de ciências, sobre a instituição científica, e em como o trabalho do cientista envolve normalmente a constante atualização em seu meio, de modo que sua atividade cotidiana costuma se dar em uma linha de pesquisa onde atua uma comunidade de cientistas. Logo, o direcionamento de seu trabalho não é determinado somente por ele, mas por toda uma tradição vigente. Sob este aspecto, naturalmente a ciência se desenvolve também socialmente.

Mas isso de modo algum significa que o cientista não seja importante enquanto indivíduo criador, e se olharmos atentamente a história da ciência veremos que episódios emblemáticos foram determinados por muito menos pessoas do que os sociologistas (BUNGE, 1976) gostariam de admitir. E isso não diminui o carácter social da atividade científica, só nos lembra como o indivíduo também é importante para essa

DOI: <https://doi.org/10.33238/ReBECeM.2021.v.5.n.3.28504>

atividade. O cientista pode contribuir diretamente com o desenvolvimento da ciência, e o aluno sujeito a essas discussões pode também assim pensar, que ele também pode ser importante, assim como os cientistas comentados!

Por exemplo, Newton foi influenciado por cientistas como Galileu, Kepler, Halley, Hooke e Descartes, e mesmo por todo o contexto histórico de sua época. Mas a dependência que a aceleração tem em relação à massa do objeto acelerado e da força que atua sobre ele não veio de nenhuma pressão social alheia aos problemas que Newton estava estudando (sugerimos que releia essa última frase, e se atenha ao que ela afirma!). Muito menos o engendramento do cálculo diferencial, por Newton, foi determinado por um contexto social (influenciado, certamente... determinado, não!), se estivermos pensando na sociedade enquanto coletivo de todas as pessoas à época, compartilhando os mesmos costumes, a mesma cultura. Foi literalmente pensando no céu que Newton produziu a Teoria da Gravitação Universal, e não no que as pessoas com outras preocupações tinham a dizer (novamente, isso não significa que ele tenha trabalhado à revelia de seu contexto social, o que seria ir ao outro extremo da argumentação).

Deve ficar claro ao Alberto que as leis de Newton se consolidaram na física por sua eficácia ou mesmo por outros elementos mais complexos de aceitação da comunidade científica, mas não porque foram simplesmente votadas por um grupo de pessoas. Naturalmente o *zeitgeist* pode ser invocado, a influenciar o cientista, mas isso não acrescenta muito ao entendimento da ciência. Vamos enfatizar essa última frase: todo o contexto histórico e social pode ser invocado para justificar o que o cientista faz, mas isso acrescenta muito pouco ao entendimento do funcionamento da ciência!

De modo semelhante, Einstein foi influenciado por Newton, Maxwell, Lorentz, Mach e Planck, e mais uma vez aqui reside a importância em mostrar ao aluno o desenvolvimento coletivo da ciência. Mas Einstein não consultou a opinião pública ao propor que a gravidade seria resultado da curvatura do tecido espaço-tempo, como nosso caro aluno Alberto poderia pensar, se não estivermos atentos ao que se afirma. Os resultados das proposições de Einstein só foram aceitos depois de muitas evidências discutidas e corroboradas por seus pares (OHANIAN, 2009).

Ainda, a influência social pode também se dar em termos de obstáculo: mesmo cientistas próximos a Einstein, como Planck, duvidaram de algumas considerações suas, que acabaram se mostrando verdadeiras. Planck chegou mesmo a justificar sua

DOI: <https://doi.org/10.33238/ReBECeM.2021.v.5.n.3.28504>

indicação de Einstein à Academia Prussiana de Ciências, dizendo que não se deveria cobrar muito dele “[...] só porque nas suas especulações ele ocasionalmente possa ter deixado de acertar, como na sua hipótese dos quanta de luz” (PLANCK, citado em OHANIAN, 2009, p. 183). Lembrando, foi justamente com essa hipótese (no contexto do efeito fotoelétrico) que Einstein ganhou o prêmio Nobel de física, em 1922 (o prêmio foi de 1921, mas foi entregue em 1922, mesmo ano em que Bohr recebeu o seu Nobel, e ironicamente ambos, Einstein e Bohr, laureados por trabalhos fundamentados no conceito de quantização, de Planck (SEGRÈ, 1987).

Ou seja, a contribuição de um cientista pode ser imensa, mesmo apesar das resistências (necessárias) de seus colegas, em um sentido pouco explorado para “influência social”. Do mesmo modo, Galileu manteve sua defesa de uma Terra em movimento apesar da sociedade de sua época, e não devido a ela. Mas certamente devido a influências de seus pares, claro. Como estamos insistindo, não é nossa intenção diminuir o papel da sociedade no desenvolvimento da ciência, e sim ressignificar o alcance desta influência.

Chamamos a atenção para o termo “sociologistas”, que não se refere à sociologia da ciência, campo rigoroso do conhecimento e de grande valia para a compreensão da instituição científica. Usamos esse termo no sentido em que Bunge o usa (1976), para se referir a um tipo de interpretação que vê na atividade científica uma simples organização social cujos valores e conceitos são construções essencialmente sociais, que representam nada mais que as subjetividades de uma comunidade, não possuindo nenhum conteúdo de verdade para além das arbitrariedades partilhadas. E aqui reside, claro, nossos problemas com esse relativismo, que não resulta num melhor entendimento da atividade científica.

Sabemos que é um tipo de argumentação que possui um lugar no meio acadêmico, mas lembremos que nosso foco aqui é o ensino de ciências. Sociologizar crassamente a ciência neste contexto é um desserviço à educação científica, principalmente se isso for feito numa etapa em que os alunos ainda não tenham sido apresentados aos episódios com resultados impressionantes da ciência. A complexificação é uma etapa que só se justifica diante de uma exposição propedêutica, e diante de tantos desafios no ensino de ciências, principalmente nas etapas básicas de ensino, insistir em tópicos complexificadores sem que os alunos estejam minimamente familiarizados com a atitude racionalista científica é sabotar o aprendizado deles.

DOI: <https://doi.org/10.33238/ReBECeM.2021.v.5.n.3.28504>

Estaríamos mais inclinados a tolerar discursos sociologistas e relativistas se os mesmos não se fizessem presente em detrimento de uma exposição preocupada com o contexto genuíno de produção dos conhecimentos científicos. Em um primeiro momento pode parecer que esses discursos estão justamente preocupados com esse contexto, mas só inicialmente. Rapidamente se distanciam dos conceitos, leis, teorias, experimentos, para focalizarem sua atenção em relações de poder e influência, e todo tipo de agenda ideológica, mas não acrescentam nada à efetiva compreensão da ciência por parte dos alunos. Esse é o maior problema, pensamos: o que se pretende e em que momento didático o tratamento escolhido se justifica.

Ao falar de um motor a explosão, por exemplo, um professor pode naturalmente focalizar as relações de trabalho no contexto da produção industrial do motor, as influências pessoais na escolha das matérias primas, as parcerias comerciais estabelecidas envolvendo todo o tipo de interesse político e econômico, as questões ambientais associadas ao uso desse motor, as pressões comerciais em se adotar uma ou outra tecnologia, um ou outro combustível, e todo o tipo de consequência social dessas escolhas. Esse professor pode investir o tempo que quiser nesses aspectos, sem que em momento algum o aluno tenha entendido o funcionamento do motor e aprendido as leis naturais básicas por trás de seu funcionamento.

Que fique claro que não temos dúvidas de que essa abordagem sistêmica tem sua importância, e existem momentos escolares em que o foco é exatamente esse. Mas quando estamos no contexto do ensino de ciências com um olhar dirigido para a natureza da atividade científica, parece claro que a referida abordagem é simplesmente insuficiente.

2 Considerações finais

Richard Feynman (2006) conta uma história sobre os “povos dos mares do sul” que, em tempos de guerra, acostumaram-se a receber visitas exóticas de aviões trazendo riquezas, provavelmente em suas incursões em povoados distantes para estabelecer bases provisórias, parte das estratégias de guerra. Mais tarde, pretendendo que os aviões voltassem, esses nativos construíram pistas com tochas e uma guarita de madeira com

DOI: <https://doi.org/10.33238/ReBECeM.2021.v.5.n.3.28504>

antenas de bambu, onde ficava um homem com dois pedaços de madeira na cabeça, como se fossem fones de ouvido. Estavam, claro, imitando o que eles viram.

Eles fazem tudo certo. A forma é perfeita. Está exatamente como era antes. Mas não funciona. Nenhum avião aterrissa. Chamo essas coisas de ciência do culto da carga, porque elas seguem todos os preceitos e as formas aparentes da investigação científica, mas falta-lhes algo essencial, porque os aviões não aterrissam (FEYNMAN, 2006, p. 333).

Como seria complicado explicar para eles o que está faltando! É na continuação desse mesmo texto que Feynman profere um de nossos “princípios científicos” favoritos: “[...] o primeiro princípio é que você não deve se enganar - e você é a pessoa mais fácil de ser enganada” (FEYNMAN, 2006, p. 336). O sociologismo e o relativismo na ciência—são praticamente os povos dos mares do sul tentando provocar o retorno dos aviões. Eles relatam coisas que por vezes podem se parecer com ciência. Mas não são mais que antenas de bambu.

A atividade científica é uma atividade complexa no sentido matemático. São várias variáveis, e qualquer tentativa de se organizar um método levará a uma lista de prescrições que, no melhor dos cenários, possui alguma semelhança com algum trabalho científico. Mas sempre algo terá ficado de fora, e mesmo os epistemólogos com grande familiaridade com uma disciplina científica não estão imunes ao tipo de erro que aqueles povos do sul cometeram, ainda que em um nível bem diferente do sociologismo.

Uma recusa do mito “método científico” é indispensável para irmos ao encontro de uma visão de atividade científica mais livre, mais criativa, mais multifacetada, enfim, mais humana. Mas isso não significa um abandono frívolo de metodologias efetivamente compromissadas com um entendimento assintoticamente objetivo dos fenômenos da natureza, sendo central conversarmos com os alunos sobre procedimentos científicos (MOREIRA; OSTERMANN, 1993). Assertivas sobre a natureza da ciência como as apresentadas por Gil-Pérez e colaboradores (2001) possuem um mérito de tentar sintetizar alguns consensos gerais fundamentados, mas, pela própria natureza abrangente dessas assertivas, pode-se terminar por não permitir uma abordagem realista e racionalista da atividade científica. Logo, esses elementos consensuais devem ser tratados com atenção, por parte do professor.

Ainda, é claro que não precisamos ter esses pontos consensuais como itens obrigatórios a aparecer em toda e qualquer proposta didática, sendo que atividades

DOI: <https://doi.org/10.33238/ReBECeM.2021.v.5.n.3.28504>

distintas podem focalizar diferentes características da atividade científica, em momentos didáticos distintos. Por exemplo, uma abordagem baseada em temas e questões que contemplem alguns elementos sobre a natureza da ciência, e que fuja de um conjunto de itens necessários, pode ser um caminho possível (MARTINS, 2015).

Desconstruir quase sempre é mais fácil do que construir. Dizer simplesmente que não existe um método (o que também defendemos) é certamente mais simples do que tentar demonstrar que a ciência funciona, também, por meio de metodologias rigorosas, as quais podem invalidar os resultados de pesquisa de algum cientista, diante da avaliação contundente de seus pares. Se os procedimentos não estiverem claros, se o tratamento de dados não estiver conciso, se a metodologia geral apresentar alguma dubiedade, o artigo pode facilmente ser rejeitado pelo periódico especializado. Podemos insistir de que o contexto da descoberta científica é desregrado, imprevisível e não-sistematizável, mas o trabalho científico passa necessariamente pelo contexto da justificativa no qual certamente existem elementos importantes de organização.

A única sugestão que preferimos enfatizar aqui é que o aluno possa ser apresentado à natureza crítica da prática científica, com metodologias preocupadas com evidências materiais contundentes. À parte de toda a intrincada rede de conceitos e procedimentos da atividade científica, nossas mais importantes teorias se consolidaram devido a um conjunto de corroborações bastante sólidas, bem diferentes do que os discursos sociologistas e relativistas querem nos fazer crer. Uma educação científica de qualidade certamente atentarà para esses aspectos.

Abordagens essencialmente sociologistas da atividade científica tendem a ignorar a natureza objetiva dos fenômenos e sua perscrutação realista por parte do cientista, enquanto abordagens científicistas ingênuas tendem a fazer o mesmo em relação à complexidade dos processos de obtenção de conhecimento pelo cientista. Logo, não podemos nos eximir de enfrentar os problemas epistemológicos patentes na compreensão da atividade científica, atacando, sim, visões empiristas ingênuas, mas sem se afastar do conteúdo da ciência no processo.

De modo geral, sugerimos que a atividade científica possa ser frequentemente ilustrada nas aulas de ciências, trazendo diversos episódios de seu desenvolvimento, e mesmo as questões mais externalistas sobre o contexto do trabalho científico e suas influências de toda sorte. Mas para se falar sobre ciência, é importante falar sobre ciência, de fato: conceitos, leis, teorias, experimentações, e episódios importantes do

DOI: <https://doi.org/10.33238/ReBECeM.2021.v.5.n.3.28504>

desenvolvimento da atividade científica. Entrementes, sugestões sobre os elementos da natureza da ciência, como as discutidas aqui, podem ser um bom guia geral. Mas devemos estar atentos em como contemplar adequadamente essas sugestões, para não correremos o risco de estarmos construindo pistas com tochas e guaritas de madeira.

Referências

- ABD-EL-KHALICK, F.; LEDERMAN, N. G. The influence of history of science course on students' views of nature of science. **Journal of Research in Science Teaching**, s/l, v. 37, n. 10, p. 1057-1095, 2000.
- ALLCHIN, D. Evaluating knowledge of the nature of (whole) science. **Science Education**, s/l, v. 95, n. 3, p. 518-542, 2011.
- ALVIM, M. H.; ZANOTELLO, M. História das ciências e educação científica em uma perspectiva discursiva: contribuições para a formação cidadã e reflexiva. **Revista Brasileira de História da Ciência**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 2, p. 349-359, jul-dez. 2014.
- ARTHURY, L. H. M.; GARCIA, J. O. Em Prol do Realismo Científico no Ensino. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 26, n.1, 2020.
- AZEVEDO, N. H.; SCARPA, D. L. Revisão sistemática de trabalhos sobre concepções de natureza da ciência no ensino de ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 17, n. 2, p. 579-619, ago. 2017.
- BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.
- BACON, F. **Novo órgãoon** (Instauratio magna). 1ª. Ed. São Paulo: Edipro, 2014.
- BARBOSA, I. C. A.; BAZZO, W. A. O uso de documentários para o debate ciência-tecnologia-sociedade (cts) em sala de aula. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 15, n. 3, p. 149-161, set-dez. 2013.
- BONIEK, V. C. S. A natureza da ciência pelos alunos do ensino médio: um estudo exploratório. **Latin-American Journal of Physics Education**, Ciudad de México, v. 4, n. 3, p. 620-627, 2010.
- BRICCIA, V.; CARVALHO, A. M. P. Visões sobre a natureza da ciência construídas a partir do uso de um texto histórico na escola média. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, Pontevedra, v. 10, n. 1, p. 1-22, 2011.
- BUNGE, M. **Filosofia de la física**. Barcelona: Ariel, 1976.
- CERCIGNANI, C. **Ludwig Boltzmann: the man who trusted atoms**. Oxford: Oxford University, 2006.
- CHINELLI, M. V.; FERREIRA, M. V. S.; AGUIAR, I. E. V. Epistemologia em sala de aula: a natureza da ciência e da atividade científica na prática profissional de professores de ciências. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 16, n. 1, p. 17-35, 2010.

EL-HANI, C. N.; TAVARES, E. J. M.; ROCHA, P. L. B. Concepções epistemológicas de estudantes de biologia e sua transformação por uma proposta explícita de ensino sobre história e filosofia das ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 9, n. 3, p. 265-313, 2004.

FEYERABEND, P. K. **Contra o método**. Rio de Janeiro: F. Alves, 1977.

FEYNMAN, R. P. **O senhor está brincando, Sr. Feynman!** Rio de Janeiro: Campus Elsevier, 2006.

GIL-PÉREZ, D.; MONTORO, I. F.; ALÍS, J. C.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.

KUHN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas**. São Paulo: Perspectiva, 1970.

LAKATOS, I. O falseamento e a metodologia dos programas de pesquisa científica. In: I. LAKATOS; MUSGRAVE A. (org.). **A crítica e o desenvolvimento do conhecimento** (109-243). São Paulo: Cultrix, 1979.

LEDERMAN, N. G. Student's and teacher's conceptions of the nature of science: a review of the research. **Journal of Research in Science Teaching**, New York, v. 29, n. 4, p. 331-359, 1992.

LEWANDOWSKY, S.; OBERAUER, K. Motivated rejection of science. **Current Directions in Psychological Science**, Indiana, v. 25, n. 4, p. 217-222, 2016.

MARTINS, A. F. Natureza da ciência no ensino de ciências: uma proposta baseada em “temas” e “questões”. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 32, n. 3, p. 703-737, dez. 2015.

MATTHEWS, M. R. Foreword and introduction. In: MCCOMAS, W. F. (ed.). **The nature of science in science education: rationales and strategies**. The Netherlands: Kluwer, 1998.

MOREIRA, M. A.; OSTERMANN, F. Sobre o ensino do método científico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 10, n. 2, p.108-117, ago. 1993.

OHANIAN, H. C. **Os erros de Einstein**. São Paulo: Larousse do Brasil, 2009.

OKI, M. C. M.; MORADILLO, E. F. O ensino de história da química: contribuindo para a compreensão da natureza da ciência. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 14, n. 1, p. 67-88, 2008.

OLEQUES, I. C.; BOER, N.; BARTHOLOMEI-SANTOS, M. L. Reflexões acerca das diferentes visões sobre a natureza da ciência e crenças de alunos de um curso de Ciências Biológicas. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, Pontevedra, v. 12, n. 1, p. 110-125, 2013.

PAIS, A. **Sutil é o Senhor - A ciência e a vida de Albert Einstein**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1995.

POPPER, K. **A lógica da pesquisa científica**. São Paulo: Cultrix, 1993.

DOI: <https://doi.org/10.33238/ReBECeM.2021.v.5.n.3.28504>

REZENDE, F. S.; FERREIRA, I. N. A.; QUEIROZ, S. L. Concepções a respeito da construção do conhecimento científico: uma análise a partir de textos produzidos por estudantes de um curso superior de química. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, Pontevedra, v. 9, n. 3, p. 596-617, 2010.

SEGRÈ, E. **Dos raios x aos quarks: físicos modernos e suas descobertas**. Brasília: Universidade de Brasília, 1987.

SILVA, C. C.; PRESTES, M. E. B. **Aprendendo ciência e sobre sua natureza: abordagens históricas e filosóficas**. São Carlos: Tipographia, 2013.

TEIXEIRA, E. S., FREIRE Jr., O., EL-HANI, C. N. A influência de uma abordagem contextual sobre as concepções acerca da natureza da ciência de estudantes de física. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 15, n. 3, p. 529-556, 2009.

TOBALDINI, B. G.; CASTRO, I. P. V.; JUSTINA, I. A. D.; MEGLHIORATTI, F. A. Aspectos sobre a natureza da ciência apresentados por alunos e professores de licenciatura em ciências biológicas. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, Pontevedra, v. 10, n. 3, p. 457-480, 2011.

TOMAZI, A. L.; PEREIRA, A. J.; SCHÜLER, C. M.; PISKE, K.; TOMIO, D. O que é e quem faz ciência? Imagens sobre a atividade científica divulgadas em filmes de animação infantil. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 11, n. 2, p. 335-353, dez. 2009.

VILELA-RIBEIRO, E. B.; BENITE, A. M. C. Concepções sobre natureza da ciência e ensino de ciências: um estudo das interações discursivas em um núcleo de pesquisa em ensino de ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 1, p. 1-23, 2009.

Recebido em: 18 de julho de 2021

Aceito em: 21 de agosto de 2021