UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE LORENA

FLÁVIO DA COSTA GONÇALVES

Tendências epistemológicas e elementos da cultura científica: análise qualitativa e
proposta de sequência didática para introdução a *scientific culture*

Lorena

2019

FLÁVIO DA COSTA GONÇALVES

Tendências epistemológicas e elementos da cultura científica: análise qualitativa e proposta de sequência didática para introdução a *scientific culture*

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências do Programa de Pós-Graduação em Projetos Educacionais de Ciências.

Orientadora: Sandra Giacomini Schneider

Versão Corrigida

Lorena

2019

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Automatizado
da Escola de Engenharia de Lorena,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

Gonçalves, Flávio da Costa

Tendências epistemológicas e elementos da cultura científica: análise qualitativa e proposta de sequência didática para introdução a scientific culture / Flávio da Costa Gonçalves; orientadora Sandra Giacomini Schneider - Versão Corrigida. - Lorena, 2019.
171 p.

Dissertação (Mestrado em Ciências - Programa de Mestrado Profissional em Projetos Educacionais de Ciências) - Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo. 2019

1. Ensino de ciências. 2. Ensino de física. 3. Cultura científica. 4. Projetos educacionais de ciências. 5. Divulgação científica no ensino de ciências. I. Título. II. Schneider, Sandra Giacomini, orient.

Para cada um com os quais aprendi mais a buscar do que saber.

AGRADECIMENTOS

Há certos momentos em que o vocabulário não é suficiente para expressar nossos sentimentos. Neste momento, não sei como expressar a dimensão de minha gratidão aos que me guiaram, me acompanharam, torceram e me consolaram quando tudo parecia sucumbir ao meu redor.

Sou verdadeiramente grato a cada um de meus professores, do ensino fundamental à pós-graduação. Hoje, compartilhando a mesma profissão, entendo o quando o amor e a esperança de vocês foram fundamentais para que conseguíssemos ter uma chance – por menor que ela fosse – de almejar algo que nos parecia distante. Em especial, gostaria de registrar a minha gratidão por ter conhecido professores como Cláudia Biaggione, Jandiara, Sandra, Claudemir, Eduardo Reis (Duda), Luiz Alberto Maurício, André Chaves, Luciana Mello, Odair e Maria Alice (ambos in memoriam). Vocês ajudaram a formar o tipo de professor que sempre buscarei ser.

Minha gratidão eterna aos amigos Thiago Cabral, Líbero e Mariana pelos melhores quilômetros percorridos que um mestrando poderia ter. Não é exagero algum dizer que este momento não estaria acontecendo sem a ajuda, a paciência, o carinho e a amizade de vocês. Aos amigos Luiz Fábio (Lui) e Sandro E. Moreira, meus agradecimentos pelos momentos de descontração e de apoio para as minhas pesquisas. A querida Vanessa Ghiringhelli, meus agradecimentos pela amizade que fortalece, acolhe e compreende. Ao grande filósofo e exemplo de ser humano raro Marcelo Muniz, o meu muitíssimo obrigado pelos conselhos, conversas, indicações de leitura e parceria. A sempre essencial Roseli Vieira (Rose), com quem sempre aprendi o poder que os mais simples gestos possuem em nossas vidas.

Aos alunos e equipe gestora das escolas onde lecionei: muito obrigado pela confiança e pelas portas abertas na aplicação desta pesquisa. Eduardo Reis, Ana Kristina e Michele, muito obrigado a vocês!

Também gostaria de registrar meus agradecimentos aos funcionários da Escola de Engenharia de Lorena, que sempre foram muito solícitos nas mais diversas situações, e aos professores do PPGPE e me inspiraram na elaboração deste trabalho. Em especial, agradeço aos valiosos apontamentos de minha orientadora, Sandra Giacomini Schneider, e dos professores que participaram de minha banca de qualificação: Marco Aurélio A. Monteiro e Graziela Zamponi e dos colegas de turma

que, cada um ao seu modo, sempre vivenciaram o mesmo sonho: o de melhorar a educação brasileira para que pudéssemos evoluir como sociedade e como nação.

Aos meus familiares, agradeço imensamente pelo apoio e compreensão nos momentos de ausência. Meus pais, Nadir e Valmir, que nunca tiveram acesso a formação escolar básica – e que nem por isso deixaram de incentivar a minha busca pelo conhecimento – deixo o meu profundo agradecimento, respeito e amor. Que as próximas gerações não tenham que vivenciar aquilo que vocês passaram para conseguir o mínimo de dignidade para as nossas vidas. Minhas tias Maria Célia e Marizete, meus tios José, Deraldo e Teodósio, meus primos Gustavo, Ana Carolina, Jéssica e Luana: muito obrigado pelo acolhimento e pelo carinho ao longo do tempo em que ainda me preparava para ingressar neste Programa. Foi graças a vocês que o sonho do mestrado pode seguir de pé. Ao grande Cássio Alexandrino, gratidão por sua sabedoria e bom humor diante das tempestades da vida. E todos os outros familiares, o meu agradecimento eterno por terem torcido e desejado sempre o melhor para mim. Sintam-se abraçados!

Os caminhos trilhados até aqui foram espinhosos. Dizem que um coração que não sangra nunca conhecerá a essência da vitória. Hoje eu compreendo o quanto este momento significa, especialmente ao olhar para trás e ver a quantidade de renúncias a quais estamos todos submetidos. Marcos Girardi, Davi Marinho e Érika Souza: muito obrigado por terem me trazido de volta à vida. Tenho em vocês três o exemplo da humanidade que qualquer ser humano deveria possuir. Obrigado também a todas as pessoas que hoje não estão presentes em minha vida, por um ou outro motivo. Independentemente dos caminhos tomados, saibam que nunca deixarei um instante sequer de torcer para que vocês encontrem a verdadeira felicidade e desfrutem continuamente de momentos de conquistas e de realizações, pois este trabalho é uma conquista que tem as mãos de cada um de vocês.

Por fim, quero agradecer imensamente à Bárbara Jorcovix pelo privilégio de dividir o espaço-tempo com você. Muito obrigado por tornar real a letra de *Deadlines and Commitments*.

"Se ensinares, ensina ao mesmo tempo a duvidar daquilo que estás a ensinar." (GASSET, 2013)

"O maior objetivo que os seres humanos podem determinar para si mesmos não é a busca por nenhuma quimera como a aniquilação do desconhecido, mas é simplesmente a tentativa incansável de mover suas fronteiras um pouco adiante."
(Thomas Henry Huxley in: Larson, 2013)

"O trabalho científico, porém, é para nós o único caminho que pode levar ao conhecimento da realidade fora de nós."
(FREUD, 2018 p. 60)

RESUMO

GONÇALVES, F. C. **Tendências epistemológicas e elementos da cultura científica: análise qualitativa e proposta de sequência didática para introdução a *scientific culture***. 2019. 171 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2019.

Nos últimos anos, nossa sociedade tem testemunhado inúmeras modificações em seu modo de vida consequentes das aplicações do conhecimento científico. Com a crescente de meios de acesso à internet e a entrada dos smartphones e aplicativos de comunicação no cotidiano de nossa sociedade, a comunicação, o acesso e a propagação de informações tornaram-se cada vez mais rápidas e abrangentes. E em uma época de franco desenvolvimento tecnológico e científico, não é raro se deparar com notícias e fatos ligados a possíveis descobertas científicas ou que ao menos tentam vender a ideia de possuírem embasamento científico justamente por conta da grande influência que a ciência possui em nosso cotidiano. Entretanto, por paradoxal que possa parecer, a prática científica pode passar despercebida e ser tratada como desconhecida da população em geral. A importância do trabalho científico, desde as pesquisas teóricas até a ciência aplicada, por vezes fica reduzida a possibilidade de lucro financeiro que a descoberta pode trazer, isto é, a ciência é comumente tratada como um gasto, e não como um investimento. Nesse contexto, insere-se a escola básica, que por questões curriculares, mercadológicas ou filosóficas, não dá conta de inserir e de discutir a prática científica e os elementos que a definem no contexto escolar dos alunos. Assim, a formação da cultura científica pode ser deficitária, formando cidadãos que não conseguem aplicar esses elementos em seu cotidiano ou simplesmente não compreendendo a relevância que o conhecimento científico possui. Portanto, estratégias que desenvolvam o nível de cultura científica e permitam identificar as visões de ciência que os alunos possuem é fundamental para a formação de cidadãos informados de como ocorre a produção científica e quais são as implicações dos conhecimentos científicos nas mais diversas esferas do cotidiano. Neste trabalho, realizou-se a estruturação de um modelo que identificasse as tendências de visões de ciência dos alunos e o nível quantitativo de elementos de cultura científica propostos neste trabalho para a formulação e a aplicação de uma sequência didática de introdução a natureza da ciência. Os resultados apontam a tendência dos alunos pesquisados em considerar a prática científica como generalista, com alguma interferência da sociedade sob o cientista ao mesmo tempo em que indicam um conhecimento superficial acerca da epistemologia científica, do trabalho do cientista e das relações e interferências que o saber científico possui na sociedade. A leitura e a discussão de textos de divulgação científica mostraram-se promissores para o aumento da presença de elementos da cultura científica e, conseqüentemente, para a formalização, por parte dos alunos, de suas próprias visões epistemológicas.

Palavras-chaves: Ensino de ciências. Ensino de física. Cultura científica. Projetos educacionais de ciências. Divulgação científica no ensino de ciências.

ABSTRACT

GONÇALVES, F. C. Epistemological trends and elements of scientific culture: qualitative analysis and proposal of didactic sequence for introduction to scientific culture. 2019. 171 p. Dissertation (Master of Science) – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2019.

In recent years, our society has experienced variations in the way of life resulting from the applications of scientific knowledge. With a growing means of Internet access and the entry of smartphones and communication applications into our society's daily lives, communication, access and dissemination of displayed information is increasingly comprehensive and comprehensive. In a time of frank technological and scientific development, it is not uncommon to see news and facts related to scientific discoveries or at least trying to sell an idea of possible scientific underpinning just because of the great influence of those who use science in our daily lives. However paradoxical as it may seem, a scientific practice may go unnoticed and be treated as unknown by the general population. The importance of scientific work, from theoretical research to applied science, sometimes reduces the possibility of financial gain that discovery can generate, that is, a science commonly treated as an expense rather than an investment. In this context, it is inserted in the elementary school, which for curricular, marketing or philosophical reasons, does not realize to insert and discuss the scientific practice and the elements that do not define the students' school context. Thus, a formation of scientific culture can be deficient, forming citizens who cannot apply these elements in their daily lives or simply do not understand the relevance that scientific knowledge has. Therefore, strategies that develop the level of scientific culture and allow to identify as views of science that students are fundamental for the formation of animal information as occurs in scientific production and what are the implications of scientific studies in the most diverse areas of daily life. In this work, a structuring of a model that identifies as trends of the students' scientific visions and the quantitative level of elements of the scientific culture proposed in this work to apply and to apply a didactic application of introduction to the nature of science. The results point to the tendency of the researched students to consider scientific practice as generalist, with some interference from society under the scientific domain and at the same time as a superficial knowledge about scientific epistemology, scientific work and the relations and interferences that scientific knowledge has in society. The reading and discussion of texts of scientific dissemination show promising for the increase of the presence of elements of the scientific culture and, consequently, for the formalization, by the students, of their epistemological visions.

Key-words: Science teaching. Physics teaching. Scientific culture. Educational science projects. Scientific dissemination in science teaching.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
Capítulo 1 – A cultura científica e o ensino de física	20
1.1 A noção de cultura	20
1.2 A cultura científica	21
1.3 Classes de elementos básicos da cultura científica em sala de aula	24
1.4 Breve histórico do ensino de física no Brasil	30
1.5 A cultura científica na sala de aula de física e os documentos oficiais da educação brasileira	33
1.6 A crise no ensino de ciências e a desvalorização do conhecimento científico ...	38
1.7 A epistemologia da ciência no ensino de física e a necessária compreensão da prática científica	43
1.7.1 Obstáculos epistemológicos e a superação dos conhecimentos prévios dos alunos.....	45
1.7.2 A epistemologia da ciência com formação para o exercício da cidadania	46
1.7.3 As pesquisas de percepção da ciência e o interesse do brasileiro pelo tema e a importância da cultura científica na avaliação de práticas não científicas	48
1.8 Identificação das visões sobre a epistemologia da ciência	50
1.8.1 A noção de perfil epistemológico e o perfil conceitual	51
1.8.2 As categorias epistemológicas de Pombo.....	52
Capítulo 2 – O uso de materiais de divulgação científica no ensino de física no ensino médio como elemento de suporte à enculturação científica	57
2.1 A alfabetização científica (<i>ou science literacy</i>)	59
2.2 Compreensão pública da ciência e da tecnologia	60
2.3 Ciência e sociedade	60
2.4 Cultura científica (<i>scientific culture</i>).....	61
2.5 A divulgação científica e o trabalho docente: uma relação dialógica para a enculturação científica dentro e fora do ambiente escolar	62
Capítulo 3 – A sequência didática de introdução a natureza da ciência	68
3.1 Panorama geral da sequência didática	70
3.2 A elaboração do questionário eletrônico e a coleta de dados para a identificação das tendências epistemológicas e dos elementos da cultura científica	72
3.3 A aplicação dos questionários eletrônicos	74
3.4 Metodologia de análise dos dados dos questionários	76
3.5 A análise do questionário de concepções a respeito da natureza da ciência	77
3.5.1 As tendências epistemológicas dos alunos pesquisados	77

3.6 A identificação dos elementos da cultura científica nos alunos participantes	99
3.6.1 Breve análise social e do interesse dos alunos sobre temas científicos	99
3.6.2 O conhecimento epistemológico e institucional da prática científica	103
3.6.3 Os alunos e o uso de materiais de divulgação científica em sala de aula.....	117
3.7 A seleção dos textos de divulgação científica	120
3.8 O uso dos textos de divulgação científica no decorrer da sequência didática .	123
3.8.1 Atividade 2: Discussão metodológica da natureza da ciência	123
3.8.2 Atividade 3: Conhecimentos científicos e as implicações para a sociedade .	128
3.8.3 Atividade 4: Nem sempre perfeita: o conhecimento científico e a falsa neutralidade perante a sociedade	131
3.9 Resumo da aplicação da sequência didática	133
Capítulo 4 – Considerações finais sobre as tendências epistemológicas e elementos da cultura científica dos alunos participantes da pesquisa.	135
REFERÊNCIAS	140
Apêndice A: Modelo de questionário para a identificação das tendências epistemológicas de natureza da ciência e de levantamento de elementos da cultura científica.....	157
Apêndice B: Roteiro da sequência didática de introdução a natureza da ciência aplicáveis a dois tempos de aula para cada tema.....	169

1. INTRODUÇÃO

A curiosidade humana é um dos principais elementos que motivaram os caminhos traçados por nossa espécie para o atual estágio do desenvolvimento científico e tecnológico que vivenciamos no cotidiano. Como afirma Livio (2018, p. 16), a curiosidade “tem sido o gatilho principal para todas as pesquisas científicas básicas e investigações filosóficas, e provavelmente foi a força por trás de todas as primeiras buscas espirituais”. O estímulo a curiosidade, ao desejo de compreender e de responder as perguntas que trazem luz as mais diversas questões é um dos objetivos do ensino de ciências em todas as etapas da escolarização básica, de modo a realizar a superação (ou a transposição) da curiosidade específica – aquela que reflete o desejo de uma informação em particular ou que aparentemente se satisfaz com a simples vivência ou concepção de senso comum – para a curiosidade epistemológica, que reflete o desejo pelo conhecimento, a vontade de saber.

Nossa época, marcada pela relação indissociável entre ciência, tecnologia e a sociedade, apresenta condições raras em termos da história humana: o desenvolvimento científico e tecnológico observado no século XX permitiu ao ser humano se comunicar de maneira instantânea, a se locomover em cada vez menos tempo, a produzir mais alimentos, erradicar ou tratar doenças antes consideradas incuráveis, como a varíola e muitos tipos de câncer, e a trazer o sonho da conquista do espaço para uma possibilidade concreta, em mudanças que ocorrem em curto espaço de tempo. Por outro lado, o mesmo desenvolvimento científico que trouxe inúmeros benefícios e melhorias para o nosso cotidiano e está diretamente relacionado com as transformações no modo de agir e de pensar da sociedade, também possibilitou interferências destrutivas, como a contaminação do meio ambiente por agentes nocivos, produção de armas de destruição em massa e o aumento da desigualdade social e tecnológica, especialmente em países em desenvolvimento.

Paradoxalmente, a prática científica e o trabalho de um cientista parecem ser irrelevantes para o dito “cidadão médio”. O físico norte-americano Richard Philips Feynman, já na década de 1960, chamava a atenção para a postura do cidadão médio na sociedade do conhecimento que “são infelizmente, lamentavelmente, absolutamente ignorantes da ciência no mundo em que vivem e podem ficar assim mesmo” (FEYNMAN, 2015 p. 106). E numa época em que justamente a relação entre

ciência e tecnologia é indissociável de nosso cotidiano (FOUREZ, 2003), a não compreensão do fazer científico e de sua importância para o desenvolvimento social, econômico, político e filosófico de uma nação é perigosa não apenas sob o ponto de vista democrático – afinal, é justo pensar que cidadãos desinformados não podem tomar decisões conscientes sobre assuntos relevantes que envolvem ciência e tecnologia –, mas também para a saúde pública (em que os riscos da automedicação ou da adoção de tratamentos alternativos cuja eficácia e segurança não foi verificada por meio de teste científico não são levados em conta por parte da população por simplesmente não conhece-los), para o desenvolvimento social e tecnológico e especialmente para a educação, especificamente, o aprendizado de disciplinas como biologia, física, química e matemática. Essas disciplinas, tão indispensáveis quanto as outras para a formação integral do ser humano, tem sido constante alvo de estudantes que as consideram de difícil compreensão e por incrível que pareça, com pouca ou nenhuma relação com o seu cotidiano. Então, com a penetração que as redes sociais e aplicativo de trocas de mensagens possuem na cultura e nas relações humanas, a disseminação de informações imprecisas ou falsas relacionadas com temáticas ligadas a ciência e a tecnologia, a necessidade de se fazer conhecer e trazer a ciência para a relevância do cotidiano de nossa sociedade torna-se ainda maior e mais urgente: é preciso que a escola, isto é, o ensino de disciplinas científicas, seja capaz de fazer mais do que a simples transmissão “bancária” (FREIRE, 2015) de seus conhecimentos; é necessário que todos, em especial os alunos em formação na educação básica, compreendam a ciência como uma prática regida por regras que foram socialmente deliberadas e aceitas por um grupo específico e que esta prática está cercada de elementos que se inter-relacionam de modo a formar um elemento cultural. Ou seja, é preciso que alunos dos ensinos fundamental e médio tenham acesso à cultura científica, seus elementos e práticas que implicam em seu cotidiano e que podem ser utilizadas nas mais diversas situações.

Mas sabemos que a enculturação, isto é, a relação existente entre as exigências que determinado tipo de cultura possui e a sua apreensão pelo sujeito sobretudo em uma prática cuja vivência aparenta ser distante daquela vivenciada no cotidiano como é a cultura científica, é um processo difícil, que dispensa tempo e necessita de diferentes estratégias para que alcance um resultado considerado satisfatório – que, neste caso, é a mudança ou a reafirmação **consciente** (ou seja, a percepção não imposta ou apresentada por simples “convencimento”) da importância

da ciência e da utilização de suas práticas, como o uso do ceticismo e de testes ou da argumentação baseada em dados, conclusões e refutações amparadas racionalmente – e torne a ciência mais próxima do público em geral.

Em contrapartida, o interesse pela ciência e pela tecnologia de jovens em idade escolar dos 16 aos 18 anos apresenta valores consideráveis. A última edição da pesquisa de percepção em ciência e tecnologia (BRASIL, 2015)¹ realizada em 2015 e coordenada pelo então Ministério da Ciência e da Tecnologia, apresenta resultados que nos dimensiona como a ciência é percebida e qual o interesse que o seu trabalho gera para diversos grupos sociais, na mais diversas faixas etárias. Os resultados na faixa etária correspondente a do final do Ensino Médio (16-17 anos) traz resultados que serão discutidos ao longo deste trabalho: mais de 98% dos jovens declararam possuírem algum interesse em assuntos de ciência e tecnologia. Mas quando questionados sobre o quanto se informam sobre os temas (ciência e tecnologia), o número de entrevistados que declaram que se informam “nada” sobre os temas chega a 14%. Nas questões que buscam levantar dados sobre os meios de informação em que os entrevistados utilizam para saber sobre os temas, em média 36% declararam nunca ou quase nunca lerem sobre o assunto em revistas ou jornais, resultado muito parecido com o que é obtido quando a questão é feita sobre o quanto os entrevistados leem ou se informam sobre ciência e tecnologia nas redes sociais: 30% declararam que o fazem “nunca ou quase nunca”². Era de se esperar, contudo, que jovens em idade escolar apresentassem interesses quantitativamente maiores do que os obtidos pela pesquisa. Afinal, estão em constante formação escolar, em contato direto com conteúdos relacionados as ciências e, em tese, contextualizados com o cotidiano e com o fazer científico. O fato de haver uma parcela considerável de alunos que se interessam, mas que não buscam informações sobre ciência e tecnologia, pode evidenciar uma questão de suma importância para o ensino de ciências do século XXI: a necessidade da discussão da informação, desde o seu acesso e obtenção até a sua utilização com os mais variados fins e interesses. Em outras palavras, a escola tem se preocupado, por diversas razões, com o ensino de **conceitos** de biologia,

¹ Os resultados completos podem ser verificados em BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Telecomunicações. **Percepção Pública da C&T no Brasil 2015**. Disponível em: <http://percepcaocti.cgee.org.br>. Acesso em: 8 jan. 2018.

² Embora não seja escopo deste trabalho, é interessante notar que o maior resultado relacionado a busca por informação sobre ciência e tecnologia de jovens entre 16 e 17 anos está entre aqueles das classes econômicas A e B.

física, química, mas não se dedica a discutir **como** estes conhecimentos são obtidos, utilizados e modificados pela própria estrutura do trabalho científico.

O professor, enquanto agente que orienta seus alunos para o aprendizado de sua disciplina, é responsável por transpor os conhecimentos científicos para seus educandos, de modo criar ou modificar estruturas de conhecimento incompletas ou incorretas, isto é, induz a superação do saber curioso, proveniente do saber empírico e do senso comum, para o saber epistemológico, de natureza mais próxima ao saber acadêmico e obtido de forma sistemática e racional. Isso resultaria, a priori, na constante transmissão de conhecimentos atualizados sobre ciência e tecnologia, ou seja, o trabalho docente serviria como uma “ponte” entre o saber acadêmico e o saber escolar. De fato, esse tipo de transposição já é realizado no cotidiano escolar; entretanto, ela aparenta ocorrer em uma velocidade menor do que o conhecimento científico, em constante atualização, evolui. E em uma sociedade com amplo acesso à informação, notícias relacionadas com ciência e tecnologia são rapidamente propagadas. Ainda que o acesso à informação possa ser amplificado e facilitado com o uso da internet, também cabe ao professor utilizar mecanismos que possam explicar acontecimentos, descobertas e fatos sob a luz do conhecimento científico. Em outras palavras, é papel do professor realizar um trabalho, ainda que informal, de divulgação científica, especialmente como estrutura de criação ou de aumento de elementos da cultura científica, que posteriormente podem ser utilizados na mais diversas situações do aprendizado escolar e na formação e no exercício da cidadania.

A divulgação científica é uma importante ferramenta utilizada por cientistas, jornalistas e entusiastas no assunto para a apropriação do conhecimento científico pela população em geral (BUENO, 2013). Em geral, ela é realizada por meios de comunicação para tratar de assuntos de grande repercussão (descobertas relacionadas à astronomia, biologia, química etc.) ou com impacto social (como epidemias ou novos tratamentos médicos). A produção de materiais de divulgação científica, quando feita de forma séria e comprometida com a correta informação do seu leitor – o que exclui, por exemplo, a divulgação da ciência realizada de forma sensacionalista ou alarmista – utiliza elementos da cultura científica na elaboração de seus materiais (como o uso de informações, teorias e resultados discutidos em artigos científicos que dão suporte para a produção do material, ou a discussão com pares a respeito das conclusões e de sua pertinência perante o conhecimento científico estabelecido); os elementos deste tipo de cultura ainda são parte de investigação

perante a comunidade acadêmica, embora seja possível traçar uma série de características que serão discutidas no capítulo 1 deste trabalho.

Assim, faz-se necessário que o ensino de física – e o da escola básica, como um todo, visto que seus saberes nascem da produção científica relacionada as respectivas áreas – propicie não apenas o conhecimento teórico, mas o conhecimento de como o conhecimento científico é desenvolvido, discutido e aceito diante da comunidade científica.

Nesse sentido, foi objetivo deste trabalho investigar as tendências de pensamentos a respeito da natureza da ciência e a possível presença de elementos da cultura científica propostos a partir da classe de elementos característicos da cultura científica elaborada para este trabalho com base em Vogt (2006) e Godin e Gingras (2000) e presentes nos alunos de ensino médio envolvidos nesta pesquisa.

As hipóteses adotadas para este trabalho foram as seguintes:

- i. Os alunos apresentam uma tendência epistemológica de ciência regionalista, cujos conhecimentos se acumulam ao longo do tempo e se aproximam da verdade a medida que evoluem e que considera o cientista neutro e avesso a interferências externas;
- ii. são mínimos os elementos da cultura científica, classificáveis dentro da espiral da cultura científica de Vogt (2003) e do modelo multidimensional de Godin e Gingras (2000) não estão presentes quando analisados os conhecimentos sobre natureza e história da ciência e a relação entre ciência, tecnologia e sociedade, no grupo de alunos participantes e;
- iii. a seleção de textos de divulgação científica, ao levar em conta os aspectos culturais e epistemológicos apresentados pelos alunos oferece a possibilidade de reflexão conceitual de seus conhecimentos espontâneos em comparação com o saber epistemológico trazido pelo docente e pelos textos selecionados.

Para isso, realizou-se a aplicação de questionários eletrônicos elaborados à luz dos referenciais teóricos e que serviram como base para a obtenção das tendências epistemológicas dos alunos pesquisados, bem como para a qualificação dos elementos de cultura científica que estes possuíam dentro de cada dimensão de cultura científica proposta nos referenciais teóricos. A partir da análise dos resultados, propõe-se uma sequência didática com seis tempos de aula de duração para alunos do 1º e do 2º ano do ensino médio que foram aplicadas em duas escolas da região

metropolitana do vale do paraíba e litoral norte – RMVale –, cujo objetivo era apresentar os elementos epistemológicos básicos da ciência e discutir as implicações sociais do conhecimento científico, relacionando os elementos de cultura científica e as tendências epistemológicas de natureza da ciência apresentadas pelos alunos com os textos e as discussões necessárias à luz dos resultados obtidos e desta forma, verificar a validade da hipótese (iii) a partir da observação de diálogos e de notas de campo.

No capítulo 1, “A cultura científica e o ensino de física”, é apresentada uma revisão bibliográfica a respeito do termo “cultura científica”, bem como as implicações de sua aplicação no ensino de Física para a formação do exercício da cidadania e como fomento para a compreensão da prática científica, reforçando a importância da inserção dos alunos na cultura científica. Também são apresentadas as classes de elementos da cultura científica, propostas com base nos trabalhos de Allchin (2011); Godin e Gingras (2000); Reid e Hodson (1993) e Vogt (2006) e que visam auxiliar na identificação de indícios do conhecimento (ou da profundidade) dos elementos da cultura da ciência que os estudantes investigados possuíam. Essas classes de elementos possuem estreita relação com a noção de perfil epistemológico proposta por Bachelard (2009) e Mortimer (1992), mas tendem a se diferenciar das propostas desses dois autores por trazer as diversas tendências de pensamento a despeito de conceitos diferentes relacionados com a epistemologia da ciência.

No capítulo 2, intitulado “Divulgação científica no ensino de física”, discute-se como diversos materiais de divulgação científica podem ser utilizados em sala de aula no ensino de física para a contextualização do conhecimento e, principalmente, para a ambientação da prática científica. Como parte da pesquisa se deu com o uso de materiais textuais de divulgação da ciência, é dado ênfase ao uso deste tipo de material no ensino da disciplina; contudo, outros materiais (como de áudio ou de vídeo) de divulgação científica também podem ser utilizados, *a priori*, com os mesmos objetivos que nortearam este trabalho.

O capítulo 3, “A sequência didática de introdução a natureza da ciência” discorre sobre o levantamento qualitativo das tendências epistemológicas dos estudantes envolvidos nesta pesquisa, de modo a apresentar conceitualmente a ideia de tendência epistemológica e discorre sobre a elaboração de uma sequência didática aplicada pelo professor-pesquisador, com duração de seis tempos de aula de cinquenta minutos cada, a partir da análise dos resultados dos questionários em que

se levantaram os dados sobre as tendências epistemológicas e de qualificação dos elementos de cultura científica dos alunos.

O capítulo 4, “Considerações finais sobre as tendências epistemológicas e elementos da cultura científica dos alunos participantes da pesquisa”, apresenta as considerações e conclusões obtidas a partir da análise dos resultados obtidos com os questionários e a aplicação da sequência didática proposta à luz dos objetivos e hipóteses que nortearam este trabalho.

O trabalho de pesquisa apresentado nesta dissertação propõe como resultados aplicados, isto é, como produtos:

- 1) A ideia de tendência epistemológica de natureza da ciência e as suas categorizações;
- 2) o questionário para o levantamento das tendências epistemológicas e dos elementos de cultura científica presentes nas dimensões de Godin e Gingras (2000) e as ferramentas de análise dos resultados;
- 3) a produção de uma cartilha para docentes do ensino médio sobre o uso de materiais textuais de divulgação científica em sala de aula, especialmente no ensino de ciências e;
- 4) uma proposta de sequência didática para a introdução de elementos da natureza da ciência e de ampliação de elementos da cultura científica.

Capítulo 1 – A cultura científica e o ensino de física

1.1 A noção de cultura

Uma das principais características que diferem o *homo sapiens* das outras espécies é a nossa capacidade de criar significados a palavras, pensamentos e ações. Em outras palavras, a nossa espécie é a única capaz de associar simbolicamente uma palavra a um objeto ou a um contexto, permitindo que outros membros possam compreender e repassar o significado adquirido, que então passa a ser incorporada a cognição do indivíduo. Essa incorporação, em essência, “torna as ações antes de caráter similar ao de animais, com características exclusivamente humanas” (VYGOTSKY, 2007 p. 12).

A capacidade de criação de significados e de associá-los a palavras e a contextos implicou diretamente nas relações sociais e nas manifestações culturais que delas derivam. A partir do momento em que o ser humano foi capaz de criar símbolos, compreendê-los e discuti-los por meio da linguagem oral ou escrita, novas formas de relações surgiram; regras para orientar ou delimitar essas relações foram criadas e modificadas ao longo do tempo, a medida em que as mudanças de definições ou a criação de novos dilemas filosóficos, morais e sociais acompanharam a evolução humana.

Uma das consequências diretas da capacidade da atribuição simbólica que homens e mulheres possuem foi a transmissão de conhecimentos. O desenvolvimento da agricultura, ocorrida há pelo menos 5000 anos, propiciou a mudança nos hábitos de vida dos humanos daquela época: o caçador-coletor deixou gradualmente de existir, sendo substituído pelos agricultores; os humanos passaram a viver próximo as plantações, dando origem as primeiras cidades. Há pouco mais de duzentos anos, a energia elétrica passou a fazer parte do cotidiano, trazendo toda sorte de equipamentos que nos auxiliaram no aumento do conforto (como os aparelhos de ar-condicionado e os aquecedores elétricos), na saúde (equipamentos para o diagnóstico e o tratamento de inúmeras doenças) e no fim do século XX, a internet entrou de vez, direta ou indiretamente, na vida de grande parte dos habitantes de todo o planeta, encurtando distâncias e permitindo a comunicação instantânea, o acesso ao conhecimento e, infelizmente, a disseminação de informações falsas. Esses três exemplos – dentre os milhares que poderiam ser citados – nos dão a dimensão de como a atribuição simbólica e a transmissão de conhecimentos marcaram a formação da sociedade contemporânea.

Ao longo da história humana, a atribuição simbólica e a transmissão de suas ideias e de seus conhecimentos impulsionaram a formação de crenças, de valores morais, e de rituais que são característicos de determinados grupos. Essas características, quando reunidas e aplicáveis a determinado segmento ou grupo social, são denominadas cultura. De acordo com Laraia (2017), o termo “cultura”, como conhecemos hoje, foi sintetizado por Edward Taylor no termo inglês “culture”, juntando o termo alemão “*kultur*” – utilizado para simbolizar todos os aspectos espirituais de uma comunidade – e o termo francês “*civilisation*” que se refere as realizações materiais de um povo.

A cultura, portanto, caracteriza-se por uma espécie de espectro de comportamentos, conhecimentos e de manifestações tipicamente relacionados a uma sociedade ou comunidade. É nesse sentido que Morin (2014, p. 20) aponta que “a cultura é constituída pelo conjunto dos saberes, fazeres, das regras, das normas, das proibições, das estratégias, das crenças, das ideias, dos valores, dos mitos, que se transmite de geração em geração”. Em outras palavras, a cultura se configura mais pelas operações características a ela do que pelas informações que carrega. Desta forma, a cultura pode ser expressa como uma complexa relação entre saberes e tradições que podem ser aprendidas e são encontradas em determinado contexto ou meio social (PORTO, 2011). Ainda segundo a autora, com base em Olinto e Schøllhammer (2008)³, existe uma convergência, embora não evidente, dos conceitos de cultura, apontando-o no sentido de ela [a cultura] exercer uma função dupla: de orientadora e de tradutora dos processos comunicativos que se materializam nos mais diversos sistemas simbólicos e filosóficos que são responsáveis pela manutenção e transformação de sistemas sociais.

1.2 A cultura científica

Um destes sistemas comunicativos que expressa uma relação entre saberes e tradições é a cultura que abrange o meio científico, nomeada de “cultura científica”. De acordo com Vogt (2005; 2006), a cultura científica tem por finalidade “a criação e a geração de conhecimento, através da formulação de conceitos abstratos e ao mesmo tempo, por paradoxal que pareça, tangíveis e concretos”, que é demonstrada pela lógica e pela experiência – que nesse sentido, estão relacionados com a obtenção do conhecimento por meio dos métodos que caracterizam a ciência e a

³ OLINTO, H. K.; SCHØLLHAMMER, K. E. (Orgs.). **Literatura e cultura**. 1. ed. Rio de Janeiro: Ed da PUC-Rio, 2008.

produção de conhecimento científico. É nesse contexto – o de conhecer a ciência, seus métodos, suas implicações sociais e ambientais e as aplicações tecnológicas – é que está inserida a formação da cultura científica. O autor propõe ainda a “espiral da cultura científica” como uma “metáfora da representação gráfica da dinâmica de fatos que constituem a construção da cultura científica” (VOGT, 2005, p. 11), elencando os principais atores de cada um de seus quatro quadrantes, conforme a figura 1:

Figura 1: A espiral da cultura científica

Fonte: Vogt e Morales (2003).

A abscissa da espiral é relacionada com os atores do discurso científico, isto é, com a relação entre os profissionais envolvidos na disseminação do conhecimento e dos elementos da cultura científica, seus destinatários e relação monológica ou dialógica que o discurso científico possui. Desta forma, no quadrante I, o discurso é dialógico por tratar-se, por exemplo, do momento em que o conhecimento científico é debatido e, quando este é o caso, adotado como consenso; este consenso então é

transmitido em todos os níveis de ensino – sujeitos, evidentemente, as transposições didáticas necessárias em determinado momento –, onde a relação passa ter caráter monológico⁴ (quadrante II), onde o conhecimento é transmitido para os sujeitos em fase de aprendizagem.

No eixo das ordenadas, encontramos os níveis de apropriação do conhecimento científico e a sua propagação dentre os atores envolvidos no processo de disseminação do conhecimento científico: o esotérico, delimitado ao ambiente acadêmico e exotérico, amplificado para o ambiente *fora* do âmbito acadêmico (quadrantes III e IV).

Como qualquer outro tipo de cultura, a cultura científica é uma construção humana, com tradições que podem ser transmitidas, desenvolvidas, modificadas e cujas regras ou *modus operandi* interferem diretamente nas relações dos membros de seu meio. Cientistas seguem uma série de regras implícitas para a realização de seu trabalho (ou para a divulgação dele no meio acadêmico). As descobertas, as revisões no conhecimento científico, as refutações: todas elas têm em comum a necessidade de utilização dos preceitos e das regras que tangem a prática científica.

A sociedade contemporânea é continuamente influenciada pelas práticas e, principalmente, da aplicação dos conhecimentos científicos resultantes da aplicação deste conhecimento em soluções tecnológicas aplicadas na sociedade. Desta forma, para a formação de um cidadão ou de uma cidadã plenamente capaz de exercer a cidadania, torna-se primordial conhecer os mecanismos essenciais da prática científica, a aplicações teóricas nas tecnologias do cotidiano e as implicações do conhecimento científico na sociedade como um todo. Em outras palavras,

a cultura científica deve fazer parte real da vida das pessoas, não só para o melhor conhecimento de seus conteúdos e condições históricas, mas também, para a integração do conhecimento científico e tecnológico no repertório de recursos cognitivos e críticos necessários para a participação na sociedade e no exercício da cidadania (BUENO, 2013)

É esperado, portanto, que todos tenham um conhecimento mínimo de conhecimento científico, para uma visão global do domínio social dos

⁴ O caráter monológico descrito não significa que o docente é o “dono” do saber; a relação aqui estabelecida é a de níveis de saberes epistemológicos que o docente possui em relação ao nível de conhecimentos que os discentes possuem.

desenvolvimentos científicos e tecnológicos, aliada a visão prática (ou aplicada) do conhecimento do funcionamento da ciência (GODIN; GINGRAS, 2000). A ciência é um pilar do desenvolvimento econômico de qualquer país desenvolvido; assim, ter a compreensão citada acima é importantíssima para a compreensão do mundo e para a promoção do bem-estar social.

1.3 Classes de elementos básicos da cultura científica em sala de aula

Embora a espiral vogtiniana (VOGT, 2006) nos dê as dimensões nas quais encontramos os setores de geração e de propagação do conhecimento científico, ainda é necessário identificar quais elementos estão diretamente relacionados com o desenvolvimento deste tipo de cultura no ensino e na aprendizagem. De fato, **não se espera que a formação da cultura científica se traduza no aumento de cientistas ou no abandono de outros tipos de saberes em detrimento do saber científico.** Espera-se que a inserção da cultura científica no ensino (e vice-versa) propicie a ampliação dos limites da compreensão de mundo dos educandos e traduza-se, efetivamente, na capacidade de compreender e de utilizar os elementos pertencentes a cultura científica em outras áreas de sua vida.

A educação dirigida para a formação de uma cultura científica básica deve conter, de acordo com Reid e Hodson (1993), os elementos apresentados na tabela 1, a seguir:

Tabela 1: Elementos e características da formação para a cultura científica em sala de aula

Elementos	Características
Teóricos e epistemológicos	<ul style="list-style-type: none"> • Conhecimentos de ciência – certos fatos, conceitos e teorias. • Aplicações do conhecimento científico – a utilização de tal conhecimento em situações reais e simuladas. • Saberes e técnicas da ciência – familiarização com os procedimentos da ciência e a utilização de aparelhos e instrumentos. • Resolução de problemas – aplicação de saberes, técnicas e conhecimentos científicos a investigações de problemas reais. • Estudo da natureza da ciência e a prática científica – considerações filosóficas e sociológicas centradas nos métodos científicos, o papel e estatuto da teoria científica e as atividades da comunidade científica.
Sociais	<ul style="list-style-type: none"> • Interação com a tecnologia – resolução de problemas práticos, que enfatize a concepção científica, econômica e social e aspectos utilitários das soluções possíveis. • Questões sócio-econômico-políticos e ético-morais na ciência e na tecnologia. • História e desenvolvimento da ciência e da tecnologia.

Fonte: Reid e Hodson (1993).

Outros elementos característicos da cultura científica são propostos por Godin e Gingras (2000). Os autores propõem que a cultura científica pode ser mensurada de forma qualitativa a partir dos conhecimentos relacionados com o conhecimento dos modos de apropriação da ciência e da tecnologia que o sujeito possui. Desta forma, o nível de cultura científica que uma pessoa possui não está necessariamente relacionado com o nível de conhecimento teórico de uma ou outra disciplina, mas sim, com os conhecimentos sobre a forma como o conhecimento científico se desenvolve

e a sua relação com o desenvolvimento econômico e social que o conhecimento científico pode ter em um determinado contexto.

Assim, com base nas propostas de Vogt (2006), de Redi e Hodson (1993) e Godin e Gingras (2000), foram idealizadas, para este trabalho, três classes de elementos característicos que podem auxiliar na quantificação individual do nível de desenvolvimento da cultura científica existente em um indivíduo. Quando reunidas, essas classes nos permitem, *a priori*, qualificar o desenvolvimento global acerca da prática científica, da obtenção e propagação dos conhecimentos científicos e da influência da ciência sob os fatores sociais, históricos, culturais e econômicos de uma sociedade:

Tabela 2: Classes de elementos característicos da cultura científica

Classes	Elementos característicos
<i>Classe I: Conhecimento institucionalizado da ciência</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Compreensão epistemológica da ciência, isto é, da ciência enquanto conjunto de métodos conceituais e experimentais de determinada área do conhecimento.⁵ 2) Compreensão das formas de comunicação científica e de seus respectivos papéis. 3) Compreensão das formações acadêmicas relacionadas as práticas de ensino e de pesquisa. 4) Conhecimento acerca da existência, das funções e da importância dos centros de pesquisa científica de uma região ou de um país. 5) Conhecimento das formas de diferenciação do conhecimento científico em relação a outros tipos de conhecimento. 6) Conhecimento de modelos de popularização do conhecimento científico.

(Continua)

⁵ A apreensão mínima aceitável, neste caso, é a quantidade suficiente de conhecimentos para que determinada informação ou fenômeno seja compreendido de forma a embasar a tomada de decisões, como veremos com mais detalhes na página 114 deste trabalho.

(Continuação)

<i>Classe II: Apreensão do conhecimento científico</i>	<ol style="list-style-type: none">1) Apreensão de uma quantidade mínima aceitável de conceitos científicos.2) Contextualização do conhecimento científico com o seu cotidiano.3) Análise de situações ou de informações para a tomada de decisões amparadas em elementos teóricos e conceituais de disciplinas científicas.4) Conhecimento acerca dos elementos históricos da ciência e a sua relação com as mudanças socio-históricas de cada época.5) Discussões e argumentos embasados em dados de natureza científica.6) Produção intelectual com base em dados ou argumentos cientificamente obtidos.
--	---

(Continua)

<p><i>Classe III: Implicações sociais do conhecimento científico</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Compreensão das influências dos conhecimentos da ciência para a sociedade. 2) Análise crítica dos benefícios e malefícios da prática científica e de suas aplicações para a vida em sociedade, para o meio ambiente e para o desenvolvimento econômico. 3) Capacidade de tomada de decisões junto a órgãos governamentais relacionadas a questões científicas e tecnológicas. 4) Capacidade de análise de informações técnicas, dos símbolos, padrões e linguagem características do conhecimento científico e de suas aplicações tecnológicas. 5) Compreensão da importância da ciência para o desenvolvimento social 6) Compreensão da necessidade da formação de cientistas para o desenvolvimento de uma sociedade 7) Utilização de materiais de divulgação científica para a socialização do conhecimento científico. 8) Utilização da análise crítica, racional e embasada em fontes na discussão ou na tomada de decisões.
--	---

Fonte: O autor, adaptado de Vogt (2006), Reid e Hodson (1993) e Godin e Gingras (2000)

A apreensão de uma quantidade mínima aceitável pode se relacionar com a quantidade mínima de conceitos previstos em uma estrutura curricular, em nível conceitual e procedimental, necessária para a compreensão de um determinado fenômeno. Em nosso ensino de física, a estrutura mínima é parametrizada pelos PCN+ (BRASIL, 2002).

A presença dos elementos característicos da cultura científica elencados na Tabela 1 permite indicar o nível de desenvolvimento de cada classe de cultura

científica proposta para este trabalho, isto é, a medida que mais elementos podem ser identificados, maior é o nível de aculturação dentro de cada classe; quanto maior for a quantidade total de elementos em cada uma das classes, maior é o nível de enculturação científica de um sujeito. Em outras palavras: tomando a aculturação como conceito ligado as mudanças culturais – e neste caso, também envolve mudanças conceituais a respeito dos elementos que compõem a prática científica – que um indivíduo sofre e a enculturação como a relação existente com a apreensão das exigências que determinado tipo de cultura possui e a sua apreensão pelo sujeito. Desta forma, a aculturação e a enculturação científica são processos dialógicos e paralelos na formação da cultura científica. Assim, a aculturação científica é mais desenvolvida quanto maior for a quantidade de elementos de uma classe, enquanto o desenvolvimento da enculturação científica é crescente quanto maior for o desenvolvimento das classes características deste tipo de cultura.

Estes dois processos não são exclusivos da educação formal: embora a formação cultural da ciência esteja no campo de atribuições para o ensino de física nos PCN+ (BRASIL, 2002), o processo de formação da cultura científica não deve se encerrar na educação básica (DEMO, 2014).

Apesar de o nível de cultura científica que determinado sujeito possua dependa do papel e da posição social do indivíduo (GODIN; GINGRAS, 2000), um nível mínimo é necessário para o exercício da cidadania em uma sociedade constantemente influenciada por questões relacionadas à ciência e a tecnologia. Para este trabalho, propomos que este nível mínimo esteja relacionado com a presença de todos os elementos das três classes de elementos da cultura científica anteriormente apresentados na Tabela 1. Como já discutido, enculturar cientificamente uma pessoa não significa torná-la uma cientista, e sim, dar-lhe suporte para que conheça a ciência e seus domínios para que exerça a cidadania e tome decisões em sua vida com o viés crítico e racional que o conhecimento científico possui⁶. Em outras palavras, o que se busca na formação da cultura científica é também a aprendizagem social capaz de ser contextualizada com o cotidiano, conforme Vygotsky (2007; 2011).

⁶ Evidentemente, não se espera concluir, por exemplo, que o cientista “pensa” melhor do que qualquer outro cidadão. Há de se perceber, como Lévy-Leblond (in VOGT, 2006) aponta, que existe a ausência de cultura científica no próprio cientista, especialmente naqueles que se especializam profundamente em uma área do conhecimento, mas desconhecem os métodos e aplicabilidades de outras esferas do conhecimento científico. Snow (1959) discute essa relação em sua famosa conferência “As Duas Culturas”.

Ninguém precisa ser membro de uma orquestra sinfônica para conseguir apreciar a beleza de uma sinfonia de Beethoven ou das *bachianas* de Heitor Villa-Lobos; da mesma forma, não é necessário que todos sejam cientistas para que consigam conhecer e contextualizar o conhecimento científico.

1.4 Breve histórico do ensino de física no Brasil

As mudanças de objetivos no ensino das disciplinas científicas são discutidas por diversos autores. Krasilchik (2000), em texto que trata da revisão histórica das propostas brasileiras de ensino de ciências ao longo do tempo, mostra que as revisões (ou reformas, como classifica a autora) curriculares refletem as mudanças políticas, culturais, sociais e econômicas ocorridas em nossa sociedade e relacionadas com mudanças nos cenários sociais, sobretudo nos períodos após as eleições. Evidentemente, esse “surto reformista” (op.cit., p. 86) é registrado em outras partes do mundo, refletindo, contudo, as necessidades e expectativas sociais de determinada região.

No Brasil, o ensino de conteúdos científicos ganhou importância e vínculo com a formação para a sociedade especialmente a partir da Lei de Diretrizes e Bases – LDB, de 1961. Esta versão da LDB, de acordo com Krasilchik (2000, p. 87):

(...) ampliou bastante a participação das ciências no currículo escolar, que passaram a figurar desde o 1º ano do curso ginasial. No curso colegial, houve também substancial aumento da carga horária de Física, Química e Biologia.

Essas disciplinas passavam a ter a função de desenvolver o espírito crítico com o exercício do método científico. O cidadão seria preparado para pensar lógica e criticamente e assim capaz de tomar decisões com base em informações e dados.

O contexto social ante a guerra fria criou a necessidade da formação técnica e científica de uma elite intelectual para desenvolver o conhecimento científico, trazer divisas ao país, (que estava em processo de industrialização e em busca da autossuficiência na produção industrial) e ainda resolver os problemas que afligiam nossa sociedade, movimento conhecido como “positivismo científico” (SANTOS e GRECA, 2006), que, entre outras concepções, tinha a ciência como neutra diante das escolhas dos indivíduos e que traria a solução de todos os problemas sociais sem causar impactos ou influências negativas a um determinado grupo.

Anos mais tarde, com a ditadura militar de 1964, surgiu, no Brasil, novas transformações nos objetivos para o ensino de ciências: abandona-se a necessidade da formação de uma elite intelectual para a formação de cidadãos-trabalhadores, visando o ideal de ciência como fruto do pensamento lógico-crítico (KRASILCHIK, 2000). Em 1971, foi promulgada uma nova redação para a LDB, que tornava o ensino de ciências obrigatório para todas as séries do então 1º grau (atual ensino fundamental) e o currículo passou a ter o caráter profissionalizante, preterindo a formação social ou crítica pela formação com apelo à memorização sem apelo a formação crítica do cidadão (WALDHELM, 2007, p. 37). Esse ideal de formação era, segundo a autora, uma tendência mundial, devido à crescente evolução tecnológica presente à época impulsionada pela guerra fria e pela produção industrial cada vez mais automatizada e a necessidade de formar pessoas aptas a servir como mão de obra neste cenário. Nesse período, os centros de ciências e as universidades tiveram papel fundamental na formação do currículo de ciências no ensino básico, com a criação de programas de pós-graduação de estudos na área de ensino nas principais capitais brasileiras, e a elaboração de propostas curriculares estaduais.

A crescente industrialização e os recorrentes problemas ambientais começaram a fazer parte dos currículos de ciências em todo o mundo, com o surgimento do movimento CTS – “Ciência, Tecnologia e Sociedade”. Para Waldhelm (2007, p. 36):

Em relação direta a esses movimentos, cresceram o interesse e o número de pesquisas sobre as consequências do uso da tecnologia e sobre os aspectos éticos do trabalho dos cientistas, como a sua participação em programas militares e a realização de experimentos na medicina e biotecnologia (...)

É em 1980, de acordo com Trivelato e Silva (2011), que o movimento CTS se incorpora ao ensino de ciências, trazendo novas perspectivas para o ensino de ciência; a prática científica deixou de ser vista como socialmente neutra e passou a ser percebida como participante do cotidiano das pessoas, interferindo em aspectos culturais e com relevância no desenvolvimento tecnológico, científico e econômico da população. O conhecimento científico deixa de ter o caráter de verdade absoluta. A proposta de ensino de ciências com viés de CTS, que no Brasil tem forte paralelo com a pedagogia de Paulo Freire, embora inovadora e com apelo à formação de um cidadão crítico em relação à prática científica e que, desde então, influencia os documentos oficiais da educação nacional, ainda se revela pouco utilizada em sala de aula (WALDHELM, 2007⁷ apud AULER; DELIZOICOV, 2007), devido, entre outros fatores, à insegurança dos professores da área em aplicar o seu conhecimento com este viés.

A influência do movimento CTS no ensino de ciências pode ser verificada, por exemplo, no âmbito dos aspectos legais que norteiam a educação nacional. A LDB, promulgada em 1996, estabelece que a educação escolar deverá vincular-se ao mundo do trabalho e à prática social, compreendendo e articulando sobre as consequências que as aplicações decorrentes do conhecimento científico têm na vida em sociedade. A formação na escola fundamental exige pleno domínio da leitura, da escrita e do cálculo, a compreensão do ambiente material e social, do sistema político, da tecnologia, das artes e dos valores em que se fundamenta a sociedade, valores que se mostram em consonância com o movimento CTS para o ensino de ciências. O papel do Ensino Médio nesta visão é o de consolidar os conhecimentos adquiridos em nível fundamental e preparar o aluno para o exercício pleno da cidadania. Percebe-se que o ensino tem como objetivo formar o cidadão para não apenas utilizar seus conhecimentos ou tecnologias, mas também para refletir sobre eles de maneira crítica, compreendendo o funcionamento das instituições democráticas e, no caso do ensino de ciências, das práticas científicas e de suas consequências para a sociedade sob as ópticas sociais, ambientais e filosóficas, para a tomada de decisões baseadas nas implicações do uso da ciência e das tecnologias, incluindo portanto, o uso de

⁷ WALDHELM, M. C. V. **Como aprendeu ciências na educação básica quem hoje produz ciência?:** O papel dos professores de ciências na trajetória acadêmica e profissional de pesquisadores da área de ciências naturais. 2007. 244 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Educação, Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro, 2007.

elementos da cultura científica na tomada de decisões em caráter pessoal e profissional. A escola deve deixar de fornecer apenas conteúdos para se tornar espaço de discussão, de contextualização e de formação de um cidadão crítico. Essa relação prevista na LDB tem sinergia com movimento de globalização vivenciado no mundo na década de 1990. Com as constantes mudanças nos conhecimentos científicos e na rápida evolução tecnológica vivenciada à época, não era mais possível ao cidadão compreender o mundo e criticar a sua realidade sem conhecer os aspectos científicos fundamentais relacionados a sua vida. A sociedade, conforme aponta Fourez (2003), se designa pelo caráter “tecnonatural”, onde a ciência e a tecnologia são indissociáveis do cotidiano e, conseqüentemente, na compreensão do mundo.

1.5 A cultura científica na sala de aula de física e os documentos oficiais da educação brasileira

A partir a LDB de 1996, elaboram-se os Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN, que contém objetivos únicos para o ensino em todo o país. Em relação ao ensino de ciências da natureza (compreendida pelas disciplinas de biologia, de física e de química) os PCN de Ciências da Natureza e Suas Tecnologias (BRASIL, 2002) contemplam uma série de competências e de habilidades que os alunos devem possuir ao longo de sua formação escolar em cada uma das disciplinas da Base Curricular Nacional.

Essas competências e habilidades, genéricas nos parâmetros curriculares da área, foram especificadas nos “Parâmetros Curriculares Nacionais Para o Ensino Médio – PCN+” (BRASIL, 2002). Para o ensino de física no ensino médio, o documento ressalta a necessidade da “formação de uma cultura científica efetiva”, parametrizada na obtenção, pelo aluno, da capacidade de interpretar e compreender os fenômenos da Natureza e a interpretação de símbolos e de processos tecnológicos presentes no cotidiano. Essas necessidades apontadas pelos PCN+, no sentido de formar um cidadão crítico e capaz de compreender fenômenos e as implicações que a prática científica tem em seu cotidiano, estão diretamente relacionadas com a formação de um sujeito “enculturado cientificamente” ou, como define Sasseron (2010, p. 8), de um sujeito “alfabetizado cientificamente”:

No Brasil, encontramos autores que usam as expressões “letramento científico”, “enculturação científica” e “alfabetização científica” para designarem o ensino de Ciências que almeja a formação cidadã dos estudantes para o domínio e o uso dos conhecimentos científicos e seus desdobramentos nas mais diferentes esferas de sua vida (SASSERON, 2010, p. 14)

Em termos de níveis de alfabetização científica, Bybee (1995) propôs cinco níveis possíveis para este tipo de alfabetização para a população em geral; baseando-se nestes níveis, Lorenzetti e Delizoicov (2011) propõem níveis de alfabetização científica que se relacionam com os objetivos específicos do termo. São eles:

- Alfabetização científica prática: cuja ênfase se dá no conhecimento aplicável imediatamente do que em princípios abstratos mais gerais.
- Alfabetização científica cívica: que se propõe a discutir os conhecimentos científicos relacionados a problemas sociais, ambientais e econômicos atuais.
- Alfabetização científica cultural: que trata de forma igual os princípios científicos e natureza da ciência e o conhecimento das relações entre ciência, tecnologia e a sociedade.

Embora Sasseron (2010) trate os termos “letramento científico”, “enculturação científica” e “alfabetização científica” como sinônimos, outros autores apontam a necessidade da discussão semântica e ontológica de cada termo, já que eles podem inferir em objetivos diferentes para o ensino de Física. Rosa e Martins (2007) apontam, por exemplo, que o conceito de “alfabetização científica” pode apresentar duas visões ancoradas em seus objetivos: uma mais estreita, que pode ser vista como “a capacidade de reconhecer fórmulas [expressões matemáticas] e dar definições corretas” e a outra mais abrangente, que inclui “o entendimento dos conceitos e algum grau de compreensão sobre a natureza da ciência e suas dimensões sociais e históricas”. Nesse sentido, as autoras (op. cit., p. 2) discutem que o termo “letramento científico” dá uma dimensão superior ao termo “alfabetização científica”, visto que

“letramento” dá muito mais a dimensão de como entendemos a “alfabetização científica”, no sentido de cultura mais ampla, de possibilidade de transitar numa determinada área, discutir sobre seus problemas ou, mais modesta e acertadamente, entender discussões travadas sobre seus problemas. Portanto vemos “alfabetização científica” como uma iniciação, uma inserção na cultura científica

O que é possível notar, independente da discussão semântica a respeito do uso do termo “alfabetização científica” ou do termo “letramento científico”, é que ambas convergem para a formação de um sujeito capaz de compreender a formação e a estrutura dos conceitos científicos e a aplicação deste nas mais diversas esferas de seu cotidiano. Assim, enquanto os termos “alfabetização científica” e “letramento científico” se relacionam com o aprendizado e a aplicação de conceitos no aprendizado em sala de aula, o termo “cultura científica” compreende não só o aprendizado conceitual, mas também a compreensão da ciência enquanto atividade humana e vinculada as mudanças sociais, especialmente em nosso tempo. Nas palavras de Vogt (2006, p. 24-25):

“[...] a expressão cultura científica tem a vantagem de englobar tudo isso [expressões como “alfabetização científica” e “compreensão pública da ciência”] e conter ainda, em seu campo de significações, a ideia de que o processo que envolve o desenvolvimento científico é um processo cultural, quer seja ele considerado do ponto de vista de sua produção, de sua difusão entre pares ou na dinâmica social do ensino e da educação, ou ainda, do ponto de vista de sua divulgação na sociedade, como um todo, para o estabelecimento das relações críticas necessárias entre o cidadão e os valores culturais de seu tempo e de sua história.”

Portanto, a formação da cultura científica no ensino de física não só engloba o aprendizado conceitual da disciplina como também deve ser capaz de formar um sujeito consciente das formas e das razões pelas quais o conhecimento científico estudado foi produzido. Em outras palavras, o estudo de física em nível médio (e o de ciências, como um todo em nível básico) deveria formar um sujeito que não apenas seja capaz de compreender os conceitos estudados, mas também de transpor para o seu cotidiano os elementos que alicerçaram a produção do conhecimento estudado, isto é, a capacidade de utilizar os conhecimentos científicos e a metodologia científica como meio de análise e de solução de problemas e de tomada de decisões nas mais diversas áreas de sua vida, incluindo aquelas relacionadas com a análise de informações, fatos e argumentos disseminados pela internet, de modo a minimizar a

disseminação de notícias falsas e o *backfire effect*⁸. É nesse sentido⁹ que os PCN+ (BRASIL, 2002) defendem, como explicita Sasseron (2010), que o **ensino desta disciplina [física] não se atenha apenas aos conhecimentos já sedimentados, mas também consiga mostrar os caminhos pelos quais se chega a tais conhecimentos e as consequências que eles podem trazer para a nossa sociedade** (grifo meu).

Entretanto, apesar das previsões nos documentos oficiais, o que se verifica nas avaliações independentes internacionais – em especial o *Programme for International Student Assessment* (Programa Internacional de Avaliação de Alunos) conhecido como PISA, elaborado e aplicado pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) – é a falta de habilidade em interpretar informações e de tomar decisões baseadas em dados na maioria dos estudantes participantes do exame. O cotidiano em sala de aula também aponta esse tipo de problema: alunos que não são capazes de solucionar situações-problema que requerem a interpretação ou a manipulação de dados e a tomada de decisões a partir deles e, especialmente, a ausência do interesse ou da significação do estudo de física para o aluno durante e após a sua formação básica. Pozo e Crespo (2009) discutem essa relação entre o conhecimento conceitual e as informações afirmando que é necessário diferenciar os procedimentos para que se adquira uma nova informação daqueles utilizados na elaboração ou interpretação de dados coletados, traduzindo-os a um formato, modelo ou linguagem, de modo que aprenda a analisar, levantar hipóteses, organizar o conhecimento adquirido e saber comunicar seus conhecimentos; logo, não é difícil concluir que este aprendizado discutido pelos autores se aproxima daquilo que é proposto enquanto formação de uma cultura científica e de aplicação destes elementos na tomada de decisões.

Outro documento oficial que suporta o ensino de física no Brasil é a Base Nacional Comum Curricular. O documento, homologado pelo governo brasileiro em dezembro de 2017, prevê uma série de aprendizagens essenciais, caracterizadas em suas competências gerais, que podem ser definidas

⁸ O *efeito backfire* (efeito tiro-pela-culatra, em tradução livre) ocorre quando o interlocutor reforça a crença em uma informação mesmo após ela ser cientificamente refutada (TAKATA, 2017).

⁹ Ainda que a pós-verdade e a disseminação de notícias falsas não fossem, à época, um fenômeno tão frequente e abrangente como é observado atualmente.

como a mobilização de conhecimentos (conceitos e procedimentos), habilidades (práticas, cognitivas e socioemocionais), atitudes e valores para resolver demandas complexas da vida cotidiana, do pleno exercício da cidadania e do mundo do trabalho. (BRASIL, 2018, p. 8)

A Base Nacional está atualmente em implementação nos currículos das escolas de todo o país. As competências gerais estabelecidas para o ensino das ciências da natureza levam em conta a formação do sujeito capaz de analisar criticamente e relacionar os mais diversos conhecimentos científicos e as suas implicações para o cotidiano e para a sociedade, bem como o entendimento do trabalho do cientista. Além disso, a BNCC prevê a habilidade específica relacionada aos textos de divulgação científica:

Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, tanto na forma de textos como em equações, gráficos e/ou tabelas, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações. (BRASIL, 2018, p. 559)

Fica evidente o delineamento para a formação elementar da cultura científica proposto no documento. Embora ainda a Base ainda não tivesse sido implementada no momento da realização deste trabalho, optamos por destacar as suas possibilidades frente ao ensino de física. Contudo, as etapas da pesquisa realizada não levaram em conta os aspectos da BNCC justamente por ela não ser parte integrante dos currículos escolares quando da realização deste trabalho.

Em suma, a enculturação científica deve propiciar um novo elemento de ação, análise e disseminação de situações as quais uma pessoa pode ter contato em seu cotidiano. É importante ressaltar que a formação da cultura científica não implica na substituição de seus elementos culturais adquiridos anteriormente, isto é, a cultura científica não se sobrepõe ou substitui outras culturas por ser mais importante; o que se espera com a formação deste tipo de cultura é inserção de um novo elemento cultural na cognição do sujeito, de modo a propiciar elementos mais abrangentes para a análise do mundo que o cerca.

1.6 A crise no ensino de ciências e a desvalorização do conhecimento científico

A presença maciça de tecnologias digitais de informação e comunicação – TDIC – no mundo contemporâneo modificou decisivamente a relação entre professores, alunos e os saberes partilhados por ambos. Por um lado, as possibilidades de interação, simulação, ampliação e aprofundamento de qualquer área do conhecimento com o uso das TDIC chegaram a níveis nunca antes imaginados. Por outro, o uso deste tipo de tecnologia ainda é discutido em diversas linhas de pesquisa em didática das ciências. O conhecimento, antes visto como “posse” do professor, agora é democratizado, acessível a qualquer aluno em qualquer tempo, inclusive durante as aulas. Esta interferência das tecnologias digitais na cultura escolar mudou o paradigma do professor, que deixa de ser mero reprodutor, e o dos alunos, que passaram de meros receptores do conhecimento transmitido para serem sujeitos ativos de sua aprendizagem; diversos modelos de ensino de ciências procuram dar conta dessa mudança, (o construtivismo e as aprendizagens ativas são exemplos clássicos destes modelos em que o aluno é protagonista, de fato, de seu aprendizado).

Mas a facilidade de acesso à informação que as TDIC propiciaram não resultou apenas na mudança – em termos escolares – do paradigma do professor e do aluno. Houve também a mudança da relação do aluno com o próprio conhecimento influenciada por diversos fatores, dentre os quais a ausência de significado e de compreensão da ciência em âmbito social (FOUREZ, 2003). Isso pode ser ilustrado a partir de uma situação vivenciada durante a pesquisa que resultou neste trabalho. Tratávamos de discutir o Sistema Internacional de Unidades – SI, quando um dos alunos perguntou: “professor, por que é que eu tenho que aprender a converter unidades de medida de temperatura se o Google faz isso automaticamente?”. Neste caso, pode-se inferir que para este aluno, o conhecimento parece ser apenas uma questão de acesso do que de saberes adquiridos e partilhados ao longo da história humana, onde a medida da importância do conhecimento tende a ser medida pelo seu nível de utilidade *no momento atual de vida do aluno*. Este não foi um caso isolado observado no decorrer da pesquisa, como será discutido no capítulo 3.

É importante frisar que não se trata de tornar as TDIC “vilãs” do ensino e da aprendizagem de física. Elas são parte irremediavelmente integrantes de nosso cotidiano e podem e devem ser integradas ao contexto escolar e a promoção da enculturação científica, como em atividades investigativas e instrucionais, conforme

aponta Demo (2014) – o autor defende, inclusive, o uso da Wikipédia como ferramenta de discussão e de ensino e de aprendizagem a respeito da prática científica, já que para ele, a Wikipédia tem diversas semelhanças com um artigo científico, pois compor um texto para a plataforma exige pesquisa, análise de dados e de referências, entre outras atividades que são inerentes ao trabalho científico. Tampouco é intuito deste trabalho generalizar esta percepção ou o comportamento do aluno citado, mas em meio a descobertas científicas cada vez mais importantes e profundas e discussões cada dia mais urgentes a respeito das consequências da aplicação do conhecimento científico na sociedade, é urgente precisar a questão da importância do conhecimento científico **além** do utilitarismo que o aluno possui acerca do tema estudado, que é quase sempre baseado em suas concepções espontâneas, cujo reforço ou deturpação destas concepções podem surgir ou serem reforçadas ao longo do uso das TDIC. Neste caso, torna-se necessário dispor de meios que auxiliem o aluno a **superar** a sua concepção espontânea pela concepção epistemológica (FREIRE, 2015). É preciso também tornar conhecimento científico e todo o arcabouço vinculado a sua produção, ou seja, a cultura científica e os seus elementos, parte integrante da vida dos estudantes e de, idealmente, da população em geral. Esta necessidade já era apontada pelo físico norte-americano Richard Philips Feynman, um dos maiores cientistas do século XX, durante um ciclo de palestras na Itália, em 1963. Em sua fala, intitulada “Qual é e qual deveria ser o papel da cultura científica na sociedade moderna”, Feynman (2015, p.103-116) argumenta sobre a irrelevância da ciência na sociedade moderna:

Estou dizendo, e acho que todos vocês devem saber por experiência, que as pessoas – estou falando da média das pessoas, da grande maioria das pessoas, a enorme maioria das pessoas – são infelizmente, lamentavelmente, absolutamente ignorantes da ciência do mundo em que vivem, e podem ficar assim mesmo. [...]. Estou dizendo que são capazes de ficar assim sem se preocupar nem um pouquinho, ou só um pouquinho, e de vez em quando, caso vejam a conservação da paridade ser citada no jornal, eles perguntam o que é. E uma questão interessante da relação entre a ciência e a sociedade moderna é exatamente essa: por que é possível o povo permanecer ignorante de uma forma tão lamentável, mas mesmo assim bastante feliz na sociedade moderna, quando há tanto conhecimento que não está à sua disposição?

[...]

Seja como for, quero responder por que o povo consegue se manter tão lamentavelmente ignorante e não se meter em encrenca na sociedade moderna. A resposta é que a ciência é irrelevante.

O que Feynman (2015) apontou em sua fala na Itália, em 1963, foi mais tarde discutido por Fourez (2003) em seu texto “Crise no Ensino de Ciências?”. Nesta obra, o autor belga aponta que há, em nível global, uma crise de significado do que é e da importância da ciência para alunos de ensino básico que se reflete no aprendizado e, sobretudo, no interesse pelas carreiras científicas para a formação superior, em que alunos, quando optam por carreiras das chamadas “disciplinas exatas” – física, química ou matemática –, o fazem pensando na formação de caráter tecnológico, isto é, com ênfase na ciência aplicada, evitando a formação em áreas de ênfase teórica.

Analisando os textos de Feynman (2015), os apontamentos de Fourez (2003) e os objetivos dos PCN+ (BRASIL, 2002) para o ensino de física na escola básica é visível desequilíbrio entre o que é previsto nos documentos legais, o que se espera para a formação para o exercício consciente da cidadania e o que de fato ocorre no aprendizado de física, sobretudo com as dificuldades notórias apresentadas, tais como: ensino matematizado, com grande apelo ao aprendizado mecânico (em que expressões matemáticas e relações entre grandezas tornam-se simplesmente “fórmulas” cujo resultado final, quando coincidente com a resposta correta, encerra em si mesmo), sem a formação dos elementos da cultura científica ou até mesmo a discussão sobre a aplicação de seus elementos em situações do cotidiano. Este desequilíbrio parece resultar na formação escolar aquém daquela indicada nos documentos oficiais, em que portadores de diplomas não são capazes de compreender ou utilizar elementos da cultura científica em situações de seu cotidiano, ainda que estejam imersos em uma sociedade amplamente ancorada nos usos tecnológicos oriundos de inúmeras descobertas científicas.

Lévy-Leblond (apud VOGT, 2006, p. 33), em palestra conferida no IX Congresso de Comunicação Pública da Ciência e da Tecnologia no ano de 2006, apontou justamente a necessidade de ressignificar a cultura científica tanto para a sociedade de modo a torná-la relevante para todos os cidadãos:

[...] o que quero dizer é que hoje não mais existe uma “cultura científica”. O problema é muito mais grave do que o acarretado por uma simples busca de meios mais eficientes para a difusão de uma cultura científica, suposto apanágio¹⁰ dos cientistas e que precisa apenas ser transmitida ao público leigo. O problema está na (re)inserção da ciência na cultura [geral](...)

¹⁰ O apanágio, nesta fala, adquire o sentido de sustento, de fomento ao trabalho do cientista.

Como vimos em Feynman (2015) e Levy-Leblónd (apud VOGT, 2005¹¹) e Fourez (2003), há uma espécie de abismo entre a ciência, o cientista e a sociedade, que resulta – por mais paradoxal que seja – na ausência de significado da prática científica e de suas consequências para o cidadão moderno. As revoluções tecnológicas vivenciadas durante os séculos XX e XXI não teriam ocorrido sem o constante e rápido desenvolvimento científico em todas as áreas do conhecimento. Ainda assim, não é improvável encontrar alguém que tenha tomado conhecimento de alguma descoberta científica importante na área de física nos últimos anos (como as ondas gravitacionais detectadas em 2015 ou a descoberta de exoplanetas com características semelhantes às do planeta Terra), mas sem saber exatamente como ela se deu, nem a importância ou consequências (diretas ou indiretas) para a sua vida e para a sociedade em termos culturais, econômicos ou tecnológicos.

Toda essa questão de “insignificância” da ciência, bem como da ausência de entendimento acerca de sua prática e consequências para a sociedade podem ter em comum a ausência de muitos elementos apresentados na seção 1.3, principalmente se levarmos em conta a presença maciça da ciência e da tecnologia em nosso cotidiano. Se um sujeito não entende como a ciência é realizada, isto é, como um fenômeno é pesquisado e como ele pode ser caracterizado como sendo científico ou não, bem como é incapaz de compreender a importância do desenvolvimento científico para o crescimento econômico e social de uma nação, dando a ciência um *status* de elemento **indiferente** a sociedade, temos então um forte indício de que a cultura científica não se desenvolveu ao longo da formação escolar ou social do sujeito.

É neste sentido, aliás, que Manacorda (2013) critica a formação daquilo que nomeou de “**culto ao mágico**”. Este tipo de “culto”, de acordo com Vale (2009, p.4), citando o autor italiano, “[é] gerado pelo progresso que entorpece o espírito e domestica as populações”. Para Vale (2009), o pensamento de Manacorda a respeito do culto ao mágico pode ser exemplificado em situações cotidianas, como por exemplo, ao apertar um interruptor de modo a fazer uma lâmpada se acender. Se a pessoa ao fazê-lo não é capaz de explicar razoavelmente o que aconteceu para que a lâmpada funcionasse, então ela estaria vivendo de modo mágico, ou seja, utilizando

¹¹ VOGT, C. (Org.). **Cultura Científica: Desafios**. São Paulo: Edusp, 2006. 321 p.

todo um aparato tecnológico sem compreender minimamente os conceitos científicos envolvidos em seu funcionamento. De fato, com o avanço tecnológico e a simplificação do uso de ferramentas de TDIC, não é raro encontrar o culto citado por Manacorda, inclusive no ambiente da sala de aula. Ideia semelhante também fora apresentada por Richard Feynman (2015) ao rememorar a história dos habitantes das Ilhas Vonatu, na Austrália, que construíram torres e aviões com bambus à espera do retorno das aeronaves americanas que lhes traziam mantimentos, utilizando tecnologias que jamais poderiam imaginar:

Nos Mares do Sul, há um povo que tem o “culto ao avião de carga”. Durante a guerra, eles viram aviões pousarem com montes de bons materiais, e querem que a mesma coisa aconteça agora. Então eles conseguiram construir coisas como pistas de pouso, fogueiras acesas nas laterais das pistas, uma cabana de madeira para um homem sentar com dois pedaços de madeira na cabeça, como fones, e pedaços de bambu apontados como antenas – é o controlador de voo – e esperam os aviões pousarem. Estão fazendo tudo certo. A forma é perfeita. Parece exatamente igual ao que havia antes. Mas não dá certo. Nenhum avião pousa. E chamo essas coisas de *cargo cult science* porque seguem todos os preceitos e formas aparentes da investigação científica, mas lhes falta algo essencial, porque os aviões não pousam.

Agora, é claro que me convém dizer a vocês o que lhes falta. [...] Noto que há uma característica que geralmente falta na *cargo cult science*. [...] É um tipo de integridade científica, um princípio de pensamento científico que corresponde a um tipo de honestidade total, um tipo de esforço a mais. Por exemplo, ao fazer um experimento, vocês deveriam relatar tudo o que, em sua opinião, poderia torná-lo inválido, não só o que acham que está certo: outras causas que, possivelmente, poderiam explicar o resultado e coisas que vocês pensaram e que eliminaram com outro experimento, e como funcionou, para se certificar de que outros possam dizer que foram eliminados. (FEYNMAN, 2015 p. 228.)

Questões relacionadas ao desenvolvimento tecnológico ou ao uso da ciência e de seus conhecimentos invariavelmente são abordadas por diversos segmentos da sociedade, sob diversos interesses ideológicos, políticos, econômicos e culturais. A cultura científica e seus elementos podem auxiliar de forma decisiva na tomada de decisões, como Feynman (2015) induz neste trecho de seu discurso de formatura para os alunos do *California Institute of Technology* (Instituto de Tecnologia da Califórnia ou *Caltech*) em 1974:

A maneira mais fácil de explicar essa ideia [a cargo cult science] é contrastá-la, por exemplo, com a publicidade. Ontem à noite eu ouvi que o óleo de Wesson não embebe com o alimento. Bem, isso é verdade. Não é desonesto; mas a coisa que eu estou falando não é apenas uma questão de não ser desonesto, é uma questão de integridade científica, que é outro nível. O fato de que deve ser adicionado a essa declaração de publicidade é que nenhum óleo embeber através de alimentos, se operado a uma determinada temperatura. Se operado em outra temperatura, todos eles vão— incluindo Wesson Oil. Portanto, é a implicação que foi transmitida, não o fato, que é verdade, e a diferença é o que temos de lidar. (2015, p. 219)

É evidente, portanto, que a formação da cultura científica é uma necessidade não apenas para a compreensão da ciência como elemento de cultura humana, mas também para o exercício da autonomia e da vida em sociedade.

1.7 A epistemologia da ciência no ensino de física e a necessária compreensão da prática científica

A resignificação que a ciência precisa adquirir está não apenas ligada ao desenvolvimento e ao compartilhamento do conhecimento científico, mas também a necessidade de compreender e aplicar o conhecimento científico em sala de aula. Em outras palavras, introduzir a prática científica no âmbito cultural de nossa sociedade deve, necessariamente, ir além da dimensão de cultura e de extensão de nossas universidades. É preciso atuar em sala de aula, promovendo a enculturação científica nos alunos de modo a compreenderem o papel, o uso e as consequências das práticas da ciência em sua vida privada e para a sociedade onde se insere. É neste sentido que Bizzo (2012, p. 154) afirma:

Um cidadão que não compreenda o modo de produzir ciência na modernidade será certamente uma pessoa com sérios problemas de ajuste no mundo. Terá dificuldades de compreender o noticiário da televisão, entender as razões das recomendações médicas mudarem com o tempo, os interesses da indústria da propaganda ao utilizar argumentos científicos etc.

É em relação ao conhecimento do modo de produzir ciência e de como ela se aplica que Bizzo (Ibidem, p. 151) defende o conhecimento epistemológico acerca da ciência para definir o modelo de ensino a ser adotado. Isto leva a uma consequência direta: o modo como se concebe a ciência e as suas práticas interfere decisivamente no modo como ela é ensinada e construída em sala de aula. Nas palavras do autor:

A maneira como se concebe a ciência tem repercussão direta sobre a maneira como ela é ensinada. Uma comunidade que entenda que a ciência é [...] uma forma de gerar conhecimento como grande poder de prever os fenômenos que ocorrem no mundo, defenderá o ensino de Ciências com argumentos que apontam para o entendimento. Já aqueles que concebem a Ciência como um simples tipo de discurso, esperarão que o ensino de Ciências ofereça aos alunos apenas uma literatura técnica, sendo a memorização [...] um resultado razoável de seu ensino.

O papel da formação epistemológica para o ensino de ciências – em especial, a concepção bachelardiana – vem sido debatidos ao longo dos anos (CARDOSO, 1985; KRASILCHIK 2000; ANDRADE, FERRARI, ZYLBERSZTAJN, 2002; GOMES; OLIVEIRA; 2009; FONSECA, 2008),

A despeito dessa formação, temos alguns pontos que precisam ser discutidos no intuito de compreender a prática e o papel da ciência em nosso cotidiano e no aprendizado de física em sala de aula. O primeiro deles já foi introduzido acima, com Bizzo (2012): a maneira como um docente compreende a prática científica influi decisivamente em sua metodologia em sala de aula e nos resultados esperados por ele para a aprendizagem de seus alunos. Entretanto, além da influência metodológica que a formação epistemológica possui, outra situação relacionada a ela surge: a forma como os alunos serão introduzidos à prática científica, isto é, enculturados cientificamente. Nascimento e Carvalho (2007) discutem as implicações que a epistemologia da ciência possui tanto no ensino e de aprendizagem de conceitos físicos como no próprio desenvolvimento da “alfabetização científica¹²” dos alunos.

Outro aspecto relacionado com a filosofia da ciência no ensino e na aprendizagem de física é a superação do conhecimento espontâneo (ZYLBERSZTAJN, 1983) ou do “saber espontâneo” (FREIRE, 2015) ou do “senso comum” dos alunos. É um fato na didática das ciências que os alunos não chegam à sala de aula livres de conhecimentos adquiridos ao longo de sua interação com o mundo ou transmitidos culturalmente. Para Lopes (1993, p. 325):

[...] Não podemos considerar o aprendiz como “tábua rasa”. Possui ele conhecimentos empíricos já constituídos a partir do senso comum e esses conhecimentos obstaculizam o conhecimento científico. A mudança de cultura é que, dialeticamente, determina e é determinada pela destruição dos obstáculos epistemológicos advindos do cotidiano, promovendo assim a aprendizagem.

¹² Recordemos que para os autores, o termo “alfabetização científica” é tratado como sinônimo para “enculturação científica”

1.7.1 Obstáculos epistemológicos e a superação dos conhecimentos prévios dos alunos

Em termos epistemológicos, o filósofo francês Gaston Bachelard propôs em sua clássica obra “A Formação do Espírito Científico” (1996) uma série de obstáculos que devem ser transpostos para “que o conhecimento humano atinja o estágio científico pois tais obstáculos são inerentes ao próprio ato de conhecer fundamentado numa ideia pré-concebida” (CARDOSO, 1983, p. 11). Embora proposta em âmbito do progresso do conhecimento científico, as concepções bachelardianas são aplicáveis para o ensino de física como mostram Cardoso (1983), Lopes (1996), Andrade, Ferrari, Zylbersztajn (2002), Martins (2007), entre outros. Esses trabalhos convergem para a noção de que o conhecimento espontâneo do aluno deve ser superado a luz dos conhecimentos adquiridos em sala de aula. Martins (2007, p. 5) aponta:

Para ele [Bachelard], o conhecimento científico opõe-se ao senso comum, à opinião, ao conhecimento sensível carregado de valores que dificultam a objetivação. E o progresso científico, inegável para Bachelard, ocorre no sentido de um racionalismo crescente, de um afastamento gradativo dos erros, havendo um “alargamento” do conhecimento.

Desta forma, estrutura-se a necessidade da formulação de estratégias metodológicas que caminhem no sentido de promover a superação do conhecimento prévio enquanto *obstáculo epistemológico* para o conhecimento científico. Para Lopes (1996, p. 325), baseado nos obstáculos bachelardianos, o aprendizado de ciências físicas se dá quando essa superação promove a mudança de cultura e de racionalidade:

[...] para se aprender, e aqui mais especificamente tratamos do aprendizado de ciências físicas, é preciso haver uma mudança de cultura e de racionalidade, mudança essa que, por sua vez, é consequência inerente ao aprendizado científico. Não é possível se adquirir nova cultura por incorporação da mesma aos traços da remanescente. Os hábitos intelectuais incrustados no conhecimento não questionado invariavelmente bloqueiam o processo de construção do novo conhecimento, caracterizando-se, portanto, segundo Bachelard, como obstáculos epistemológicos.

Em termos pedagógicos, Freire (2015) propõe que o conhecimento prévio (ou saber espontâneo) deve ser superado em favor do conhecimento científico (ou saber epistemológico) através de uma relação dialógica entre os saberes do professor (que

possui o saber científico) e os saberes do aluno (que possui o saber espontâneo) que leva o aluno a autonomia dos saberes. Esta visão pedagógica de Freire pode ser alicerçada na Teoria da Aprendizagem Significativa – TAS – De David Ausubel (MOREIRA; MASINI, 2001) e na concepção das zonas de desenvolvimento cognitivas propostas por Vygotsky (2007).

Isso nos leva a compreender que é por meio da metodologia de ensino empregada pelo professor que essa superação – ou ruptura, em termos bachelardianos – acontece, incluindo as mudanças ou acréscimos de elementos culturais, inclusive aqueles ligados a ciência. É nesse sentido que Lopes (1996, p. 13) afirma, a despeito do pensamento epistemológico de Bachelard, que “é preciso haver uma mudança de cultura e de racionalidade, mudança essa que, por sua vez, é consequência inerente ao aprendizado científico”. Essa “mudança de cultura” inclui, desde a mudança da percepção do que é a ciência e como o conhecimento científico é produzido e aplicado, até a mudança conceitual que compreende a evolução dos conhecimentos até a compreensão atual dos fenômenos estudados. Em outras palavras: a metodologia empregada em sala de aula para o ensino de física tem relação direta com a forma como a cultura científica se desenvolverá.

1.7.2 A epistemologia da ciência com formação para o exercício da cidadania

A mudança cultural inerente a introdução da cultura da ciência nos alunos, portanto, está diretamente ligada a forma como o conhecimento científico é concebido pelo docente e pelos alunos e como este é discutido em sala de aula. Carvalho (2007) defende que a esta discussão passe por habilidades que o docente deve possuir para a enculturação científica: (i) provocar a argumentação em sala de aula; (ii) transformar a linguagem cotidiana em linguagem científica; (iii) introduzir a linguagem matemática como elemento cultural das ciências.

As disciplinas que compõem o currículo escolar parametrizado nos PCN (BRASIL, 1997; 2002) e na Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (BRASIL, 1996) compõem o *corpus* de conhecimentos científicos. Todas elas adquirem seus conhecimentos utilizando métodos de pesquisa científica que atendam às suas particularidades, mas que “seguem uma instrução geral que os cientistas precisam seguir para fazer ciência” (BUNGE, 1985¹³ apud SZCZEPANIK, 2011). Assim, discutir

¹³ BUNGE, Mario. *La ciencia: u metodo y su filosofia*. 1985. Disponível em: https://users.dcc.uchile.cl/~cguatierr/cursos/INV/bunge_ciencia.pdf. Acesso em: 11 jun. 2018.

a epistemologia, o fazer, os interesses envolvidos, os métodos da ciência, enfim, os elementos que compõem este tipo de atividade cultural durante as aulas de física é também uma atividade interdisciplinar.

Em toda a história da ciência visões diferentes foram adotadas (e por vezes conflitantes) a respeito do que pode ou não ser considerado um conhecimento dito “científico”. Essa discussão se amplificou e se aprofundou em meados do século XX – não por acaso, o século em que o conhecimento científico deu um salto nunca antes registrado na história humana – e revelou como a questão do que é e como a ciência se realiza é uma complexa relação entre saberes, relações sociais do cientista com seus pares e com a sociedade, política e até ideológica (CHALMERS, 1993; FOUREZ, 1995; LATOUR, 2011; SZCZEPANIK, 2011).

Definir o que pode ou não ser considerado como sendo ciência não importa apenas ao cientista, mas também a todos os cidadãos. Inúmeros produtos são anunciados diariamente com apelo científico explícito (como os que afirmam que seu produto foi testado e aprovado por especialistas) ou implícitos, que utilizam imagens de laboratórios de pesquisa, de cientistas em posições de destaque ou de superioridade, gráficos e outros elementos da cultura científica para induzir o consumidor a confiar na propaganda da empresa (PILATI, 2018). A necessidade de enculturar cientificamente a população em geral – e não apenas cientistas – se mostrou evidente com a popularização da fosfoetanolamina, que ficou popularmente conhecida como a “pílula do câncer”. Produzida de forma artesanal no Instituto de Química de São Carlos da Universidade de São Paulo (IQSC-USP) na década de 1990, o composto, até então nunca submetido a testes científicos¹⁴, começou a ser distribuído para pacientes em tratamento em um hospital no interior de São Paulo. Logo, a pílula se popularizou e diversas pessoas recorriam ao laboratório da universidade para retirar as cápsulas¹⁵ (REVISTA PESQUISA FAPESP, 2016). Em pouco tempo, a situação tornou-se insustentável para a própria USP, que teve de produzir a substância até sob ordem judicial. A discussão sobre a “pílula do câncer” chegou até ao congresso nacional, que aprovou o uso da substância mesmo sem a

¹⁴ A ideia de “científico” remete, neste caso, ao princípio da falseabilidade de Popper (2013), isto é, a possibilidade de verificação experimental das hipóteses levantadas pelo pesquisador.

¹⁵ REVISTA PESQUISA FAPESP. São Paulo. **Mapa da Ciência SP**. 2017. Disponível em: <http://revistapesquisa.fapesp.br/2017/03/07/mapa-da-ciencia-sp>. Acesso em: 23 mar. 2017.

aprovação da Agência Nacional de Vigilância Sanitária – Anvisa – enquanto finalmente testes clínicos que seguem os protocolos científicos eram realizados em pacientes no estado de São Paulo. Infelizmente, a fosfoetanolamina mostrou-se ineficaz para o tratamento de diversos tipos de câncer (em humanos e em camundongos), de tal forma que os testes foram suspensos antes do fim para preservar a vida dos pacientes submetidos a ela.

O caso da fosfoetanolamina trouxe evidências do desconhecimento de como o composto de medicamentos são produzidos e testados de modo a serem validados pela comunidade científica. Evidentemente, mesmo com a enculturação científica plena, ainda poderia haver gente interessada no tratamento com a substância; entretanto, há de argumentar que mesmo nessa situação, a decisão passaria por um possível “crivo racional”, isto é, poderia ser analisada a luz de possíveis evidências ou resultados clínicos, e não apenas pela produção ser realizada por uma das principais universidades do mundo ou por conta da propaganda de boca a boca.

1.7.3 As pesquisas de percepção da ciência e o interesse do brasileiro pelo tema e a importância da cultura científica na avaliação de práticas não científicas

Não apenas o docente possui uma forma de conceber a ciência e a sua prática; como já discutido, os alunos também possuem conhecimentos prévios ao chegar em sala de aula e assim, também possuem a sua visão sobre o que é ciência e como ela é realizada. Kosminsky e Giordan (2002) mostram que os alunos do nível médio de ensino que participaram da pesquisa assim representaram, por meio de desenhos, o cientista:

Em todas as representações gráficas dos alunos, observa-se um cientista do sexo masculino, solitário e interagindo somente com seu mundo. Nas únicas cenas em que se representam outras pessoas, elas são vistas como objetos: tanto o homem como cobaia, como a mulher na foto de parede (KOSMINSKY; GIORDAN, 2002, p. 14)

Essa visão, uma espécie de estereótipo do cientista comum, também é observada em alunos em alunos de licenciatura das áreas de ciências da natureza (ZANON; MACHADO, 2013).

Se por um lado a representação social do cientista ainda seja muito próxima a aquela observada pelos autores, por outro, começam a surgir evidências de que este cenário pode começar a mudar: há o aumento da representação de mulheres cientistas por crianças nos Estados Unidos (de 1% entre 1966 e 1977 para 28% entre

1985 e 2016), de acordo com Miller et al. (2018). Outros resultados nos mostram que a população brasileira, em geral, tem interesse pelo tema: a pesquisa de percepção da ciência e da tecnologia realizada em 2015 pelo Ministério da Ciência e da Tecnologia e pelo Centro de Estudos Estratégicos indica que cerca de 80% dos 1962 entrevistados com mais de 16 anos tem interesse em ciência e tecnologia, embora 15% dos entrevistados afirmaram que não se informam sobre o tema. Mas ainda assim, a maior parte da população tem uma imensa dificuldade em entender o que é e como é realizada a prática científica. Quando questionados pelo tema na pesquisa “3M State of Science Index” ou “Índice Anual da Situação da Ciência” (3M INSTITUTE, 2018), mais de 90% dos entrevistados brasileiros dizem que sabem pouco ou quase nada sobre o assunto.

A ausência deste tipo de conhecimento evidenciado pela pesquisa do *3M Institute* (op. cit) torna-se danosa para a sociedade, especialmente em nossa época, em que as pseudociências, a protociência e a ciência picareta são utilizadas em larga escala para difundir notícias falsas ou induzir consumidores, pacientes e eleitores a seguir determinada marca, produto, tratamento ou ideologia.

As pseudociências são áreas que não adotam uma postura metodológica compartilhada com as demais áreas científicas e que podem ser caracterizadas por cinco pontos: (i) a negação em justificar suas teorias; (ii) a negação em submeter suas teorias a testes severos¹⁶; (iii) não possuem um sistema de autocorreção de seus conhecimentos; (iv) não buscam esclarecer e corrigir seus sistemas, mas influenciar pessoas ou instituições (BUNGE, 1985, p. 68-73 apud SZCZEPANIK, 2011)¹⁷. A essas quatro características, inclui-se a (v) são sistemas de crença que se validam por meio da confirmação de suas afirmações (PILATI, 2018 p. 103).

Já a protociência, segundo Pilati (2018, p. 104) “constitui conhecimento que ainda não logrou o *status* de conhecimento científico pela comunidade científica que a valida. Por sua vez, a ciência picareta é a distorção de dados coletados de maneira científica para atender a interesses ou defender determinada ideologia.

Por fim, a ciência picareta é o termo empregado para designar pesquisas científicas cujos resultados são deturpados ou até mesmo falsificados em detrimento de interesses econômicos, ideológicos ou políticos.

¹⁶ Neste caso, as hipóteses não são possíveis de serem falseadas ou estarão sempre sujeitas a afirmações *ad-hoc*

¹⁷ BUNGE, Mario. *La ciencia: u metodo y su filosofia*. 1985. Disponível em: https://users.dcc.uchile.cl/~cguiter/cursos/INV/bunge_ciencia.pdf. Acesso em: 11 jun. 2018.

Para Allchin (2004, p. 186), a pseudociência deve ser discutida em sala de aula inclusive para evitar o que ele chama de pseudo-história, isto é, conhecimento embasado em fatos reais, mas “distorcido da cientificidade e com estereótipos indevidos adotados”, visão que é compartilhada por Ferreira e Queiroz (2012), Francelin (2004) e Arias e Rangel (2012), que reforçam ainda que a formação da cultura científica não pretende substituir um sistema de crenças pelo racionalismo puro (ou cientificismo), mas sim, aumentar o arcabouço cultural dos alunos, dando-lhes condições de ampliar seu mecanismo de avaliação e de argumentação.

1.8 Identificação das visões sobre a epistemologia da ciência

Nas seções anteriores, foram introduzidas as propostas de elementos que compõem a cultura científica e como este tipo de cultura, ao ser desenvolvido em sala de aula, contribui para a formação da cidadania e para a compreensão do mundo que nos cerca. Entretanto, resta ainda discutir alguns pontos importantes sobre a visão epistemológica de autores importantes e como essas diferentes visões podem ser categorizadas no saber dos alunos, de modo a auxiliar o docente a compreender como os alunos compreendem a ciência e a sua prática e assim, traçar estratégias de ensino e de aprendizagem que possam modificar ou reforçar um ou mais conceitos relacionados com a cultura científica presente nos alunos.

O mecanismo da aprendizagem é objeto de estudo há anos na didática das ciências e na psicologia. Vygotsky (2007; 2008), defende a influência das interações com outros indivíduos na aprendizagem, já que é justamente esta interação que provoca conflitos cognitivos que mobilizam a estrutura intelectual do aprendiz e reestrutura o conhecimento por ele possuído quando este é insuficiente para resolver determinado problema (VAIRO, REZENDE FILHO, 2013).

Nesta ideia de mudança da estrutura cognitiva, Mortimer (1992; 1996) argumenta, baseado na teoria piagetiana (PIAGET, 1977), que o sistema cognitivo

tende ao processo chamado de equilibração que é acionado quando o sistema cognitivo reconhece uma lacuna ou conflito, gerados pela previsão do sistema ou de parte dele em relação a um objeto ou evento [...] [Este] processo conduz sempre a um estado de equilíbrio mais completo que o anterior [...]. Durante a equilibração, o sistema cognitivo conserva o máximo possível do esquema de assimilação anterior [...] (MORTIMER, 1992 p. 242)

Desta forma, para Mortimer (1992), as mudanças em conceitos não são revolucionárias, e sim, evolucionárias sob o ponto de vista da psicologia da educação. Assim, o ensino de ciências pode se valer da visão conceitual que um sujeito possui a respeito de determinado conceito. A proposta de Mortimer (1992) é a adoção do chamado “perfil conceitual” em que um componente conceitual pode ser relacionado em termos de um perfil, cuja ordem de complexidade cresce de acordo com as estruturas existentes na cognição do indivíduo.

1.8.1 A noção de perfil epistemológico e o perfil conceitual

A noção de perfil epistemológico se refere ao pluralismo da cultura filosófica que um indivíduo possui acerca de determinado conceito, o que equivaleria a uma psicologia do espírito científico e é descrita na obra “A Filosofia do Não” (BACHELARD, 2009). Em outras palavras, o perfil epistemológico é uma ideia de como os conceitos científicos de um sujeito se relacionam com as visões epistemológicas: realismo ingênuo, empirismo claro e positivista, racionalismo newtoniano ou kantiano, racionalismo completo e racionalismo dialético (essas visões correspondem as visões epistemológicas já discutidas à época em que Bachelard propôs o perfil epistemológico. Portanto, a noção de falseacionismo ou de pluralismo metodológico, entre outras apresentadas durante o século XX não aparecem na obra original). O próprio Bachelard, ao discutir a noção de perfil epistemológico, o fez exemplificando a sua visão sobre o conceito de massa, e determinou que a sua visão sobre o conceito tendia para o racionalismo newtoniano (ou racionalismo clássico), em desfavor de visões mais complexas, como as que estão relacionadas com a relatividade (racionalismo completo) ou com as da física moderna (racionalismo discursivo). Na continuidade da obra, o autor alerta que embora conhecesse as visões mais completas sobre o conceito, elas trariam uma descrição e um raciocínio penoso, de modo que a ideia newtoniana (racionalismo clássico)

entrava o nosso racionalismo completo e sobretudo o nosso racionalismo dialético. Eis uma prova de como as filosofias mais sãs, como o racionalismo newtoniano e kantiano podem, em determinadas circunstâncias, constituir um obstáculo ao progresso da cultura (BACHELARD, 2009, p. 41)

A ideia de perfil conceitual ou Modelo de Mudança de Perfil Conceitual proposta por Mortimer (1996) é embasada na ideia do perfil epistemológico de

Bachelard (2009), mas difere deste enquanto proposta. De acordo com o autor, “a intenção é construir um modelo para descrever a evolução das ideias, tanto no espaço social da sala de aula, como nos indivíduos como consequência do processo de ensino” (op. cit., p. 1). A hierarquização das zonas do perfil conceitual é idêntica a aquela proposta para o perfil epistemológico, mas possui duas distinções importantes: a distinção entre categorias ontológicas e epistemológicas de cada zona do perfil conceitual, isto é, a definição e a concepção epistemológica podem diferir em relação a um mesmo conceito e a percepção, pelo próprio estudante, de seu próprio perfil. Para Mortimer, Scott e El-Hani (2009):

Perfis conceituais devem ser entendidos como modelos da heterogeneidade do pensamento verbal (apud Tulviste, 1991). Modos de pensar são tratados como elementos de permanência no pensamento conceitual dos indivíduos, intimamente relacionados a significados socialmente construídos que podem ser atribuídos aos conceitos.

A abordagem da aprendizagem por meio da formação do perfil conceitual leva em conta dois processos interligados: o enriquecimento dos perfis conceituais e a percepção da pluralidade de pensamentos e de contextos em que determinado conceito deve ser utilizado (EL-HANI; MORTIMER, 2007). Assim, ao se estudar o conceito de calor, por exemplo, um estudante pode compreendê-lo como sendo a transferência de energia entre dois corpos de temperaturas diferentes e ainda assim, em seu cotidiano, tratar o calor como um fluido ou citar a existência de uma “blusa quente”; embora essas duas estruturas possam existir, é necessário que o perfil conceitual enriquecido com a nova informação (o calor como transferência de energia) seja evidenciado como aquele que **efetivamente** o auxiliará a resolver problemas do cotidiano e de tomada de decisões em sua vida, mesmo fora do contexto escolar.

1.8.2 As categorias epistemológicas de Pombo

A definição das categorias que constituem as zonas do perfil conceitual dos conceitos a serem discutidos pelo professor é uma fase fundamental do planejamento de ensino que leva em conta o uso deste modelo como estratégia de ensino e de aprendizagem de ciências (MORTIMER, 1996; VAIRO; REZENDE FILHO, 2013).

Para compreender quais eram as tendências epistemológicas sobre a natureza da ciência dos alunos sobre como se constrói o conhecimento científico, foram utilizadas as categorias epistemológicas propostas por Olga Pombo (1998). A autora defende que a natureza do conhecimento possui dois modos de análise quando a sua *episteme*, isto é, a forma com os seus enunciados (ou teorias) são testadas e aceitas como sendo de caráter científico, conforme a tabela 3, a seguir:

Tabela 3: Modos de análise da episteme do conhecimento científico

<i>Modo normativo</i>	<p>Está relacionado com as normas, regras e finalidades da prática científica e determina quais as condições que permitem distinguir um enunciado científico dos demais:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Confirmação positiva, realizada a partir da confirmação experimental. • Confirmação negativa, em que só existe a possibilidade da refutação de um enunciado científico. • Confirmação formalista, onde há a admissão de que um enunciado é científico quando é inteiramente compatível com um conjunto de preposições. Nasce da impossibilidade da confirmação com a realidade.
<i>Modo descritivo</i>	<p>Descreve o funcionamento da ciência, seus métodos e as suas relações com o conhecimento.</p>

Fonte: Pombo (1998).

Por conta das possibilidades que os modos de análise da epistemologia científica, Pombo (op.cit.) propõe a definição e a organização das categorias epistemológicas (ou categorias pombalinas) divididas em:

- *Epistemologias gerais e regionais;*
- *Epistemologias continuístas e descontinuístas;*
- *Epistemologias comulativistas e não-comulativistas;*
- *Epistemologias internalistas e externalistas.*

As epistemologias gerais e regionais dizem respeito ao âmbito de uma epistemologia e a extensão de seu campo de análise. A perspectiva generalista, representada pelo francês Augusto Comte e a sua concepção do positivismo científico, em que este tipo de conhecimento era o único que poderia ser aceito como verdadeiro, procura pensar a ciência em sua totalidade, enquanto a perspectiva regionalista pensa (ou considera) o caso de uma ciência em particular, isto é, defende que o “fazer científico” de uma área não se estende ou não se aplica a outra. O também francês Georges Canguilhem,

tem claro que a biologia opera uma redução ao se ancorar na físico-química para explicar a vida. Esta redução, em que a biologia se torna satélite das chamadas ciências naturais, segundo ele, desvaloriza o objeto biológico em sua especificidade (LUI, 2015 p. 680)

As epistemologias continuístas e descontinuístas se referem ao modo como se dá o progresso da ciência. Para os continuístas, sempre há um acréscimo quantitativo e ascendente do conhecimento, pois a ciência progride sem sobressaltos, uma vez que cada teoria tem os fragmentos ou bases ou os embriões da teoria seguinte. Pierre Duhem, outro filósofo francês, defende que a análise da história da ciência permite observar que não há isolamento de um cientista, já que este sempre “recebeu influências de outros pensadores, influenciou outros, enfim, esteve inserido em uma tradição contínua do desenvolvimento científico” (OLIVEIRA, 2016, p. 58). Para Duhem, “a ciência não conhece geração espontânea” (p. 57). Por outro lado, os descontinuístas defendem que a ciência progride por meio de rupturas ou negação das teorias anteriores. Esta descontinuidade pode ser metodológica, cultural, teórica, ideológica etc. Gaston Bachelard, como vimos, defende que o progresso do conhecimento científico se dá quando há a superação (no sentido de ruptura) dos obstáculos epistemológicos - uma espécie de *contrapensamento* que pode surgir no momento da constituição do conhecimento ou numa fase posterior (RODRIGUES; GRUBBA, 2012). Khun (2017) defendia que o conhecimento científico evolui em meio a períodos de ciência normal, quando há a adoção de um ou mais paradigmas por parte dos pesquisadores e o período de ruptura, quando há uma anomalia ou crise no paradigma, que resulta nas revoluções científicas ou ciência extraordinária (CHALMERS, 1993; OSTERMAN, 1996; KUHN, 2017). Ao todo, seis fases compõem

a evolução do conhecimento científico: i) estabelecimento de um paradigma; ii) ciência normal; iii) crise; iv) ciência extraordinária; v) revolução científica e vi) estabelecimento de um novo paradigma. Kuhn (op. cit.) ainda refuta a ideia de neutralidade da ciência, já que a observação é antecedita por teorias formuladas anteriormente ou influenciadas por questões sociais, culturais, etc.; acredita que não há justificativa lógica para o método indutivo e reconhece o caráter construtivo, inventivo e não definitivo do conhecimento (OSTERMAN, 1996), concepção que é consenso entre os filósofos da ciência contemporâneos. Outro filósofo descontinuista, o austríaco Karl Popper, contestou de forma enfática o princípio da indução¹⁸ e

sustentou que toda e qualquer teoria científica assenta-se sobre uma série de pressupostos metafísicos que, mesmo não sendo refutáveis, podem ser discutidos criticamente, o que significa que são inteligíveis e, portanto, possuem significado (SCHMIDT, SANTOS, 2007, p. 7)

Popper influenciou de forma decisiva a ciência contemporânea ao demarcar o limite entre o que é ou não científico com a falseabilidade, isto é, um conhecimento só pode ser considerado como científico se puder ser falseável, testada sob um conjunto de posições ou de métodos de forma a verificar se ela é falsa. Por exemplo, o enunciado “todo corvo é preto” pode ser verificado e falseado (admitindo-se que um corvo branco fosse encontrado na natureza).

As epistemologias cumulativas e não-cumulativas classificam a relação temporal que se estabelece entre a ciência e a verdade. Para os cumulativistas, a ciência é progressiva, resultado de um acréscimo no saber. Dessa progressão, a ciência se aproxima da verdade. Por outro lado, os não-cumulativistas defendem que cada nova teoria não é necessariamente mais verdadeira do que as anteriores. Avaliar a proximidade com a verdade não é relevante; o que importa é a abrangência das novas teorias.

Por fim, as epistemologias internalistas e externalistas procuram compreender as relações entre a sociedade, os cientistas e a prática científica. Para os internalistas, a ciência constitui uma forma autônoma de conhecimento. Já para os externalistas, é a atividade humana que necessita de um amplo conjunto de fatos e de relações para

¹⁸ O princípio da indução defende que após um número suficiente de observações, pode-se concluir uma verdade geral. As críticas de Popper a este princípio podem ser verificadas com profundidade em Chalmers (1993) e Popper (2013) e seguem a linha do problema da indução (generalizações baseadas apenas em observações e a imutabilidade do futuro, isto é, os eventos futuros ocorrerão como sempre ocorreram no passado).

se compreendida; assim, deve se levar em conta a estrutura sócio histórica da formulação do conhecimento. Em outras palavras, o desenvolvimento científico tem relação direta com os fatores sociais de cada época (por exemplo, o desenvolvimento da termodinâmica e a segunda revolução industrial, no século XIX ou a guerra fria no século XX que impulsionaram a criação ou o desenvolvimento de teorias e de tecnologias para solucionar problemas¹⁹ encontrados pelas sociedades naqueles tempos).

Embora a instrução formal seja um elemento chave na formação da cultura científica, ele não é o único. A difusão do conhecimento científico também ocorre por meio de educação não-formal em museus ou institutos de pesquisa, e sobretudo, por meio de textos, vídeos e imagens apresentadas nos meios de comunicação e nas redes sociais ou aplicativos de mensagens. Como vimos na introdução deste trabalho, o interesse pela ciência existe em boa parte da população (cuja grande se declara interessada pela ciência), mas não a compreende ou não sabe onde e como se informar sobre o tema. Desta forma, é possível inferir que existem lacunas relacionadas não apenas com a formação conceitual, mas principalmente com a formação da cultura científica que precisam ser discutidas em sala de aula. Essas lacunas podem ser preenchidas com o auxílio de materiais de divulgação científica, especialmente no contexto das aulas de física – disciplina envolvida diretamente na evolução tecnológica que tanto impacta a cultura e a vida em sociedade.

¹⁹ Popper e Kuhn se opunham quanto ao papel do cientista, conforme aponta Schmidt (1997): o primeiro defendia que o cientista, de fato, é um “solucionador de problemas”, enquanto o segundo defendia que, na verdade, o cientista é um “solucionador de enigmas”.

Capítulo 2 – O uso de materiais de divulgação científica no ensino de física no ensino médio como elemento de suporte à enculturação científica

A divulgação científica é uma relevante atividade relacionada com a prática científica que visa aproximar cientistas e o público geral por meio de publicações que discorrem sobre os mais diversos assuntos sob o viés do conhecimento científico, utilizando, contudo, uma linguagem mais simples, cujo objetivo (ou ideal) é o de inserir e informar o público em geral sobre como é realizada a pesquisa científica e as implicações dos resultados obtidos em um determinado trabalho. Embora a divulgação científica seja uma tarefa de aproximação entre ciência, cientistas e o público em geral, isto é, o público que não trabalha diretamente com a ciência, ela não é uma realização exclusiva de cientistas, ainda que a sua prática seja incentivada para a adoção de profissionais que pesquisam e exercem a atividade científica. Pessoas que atuam em outras profissões, como o jornalismo, a docência e engenharia também fazem divulgação da ciência em assuntos de seu interesse pessoal ou profissional em canais no *YouTube*, emissoras de rádio e de televisão, *sites*, *blogs*, perfis em redes sociais e em salas de aula em qualquer nível de ensino²⁰.

A produção de materiais de divulgação científica se acentuou no século XX, embora não tenha começado nesta época. A *The Royal Society of London for Improving Natural Knowledge* (ou Sociedade Real de Londres para o Melhoramento do Conhecimento Natural, em tradução livre), já realizava desde a sua fundação, no século XVII, palestras e eventos de divulgação do conhecimento científico para o público interessado; Michael Faraday, um dos maiores cientistas experimentais de todos os tempos iniciou em 1826 palestras semanais de divulgação científica na *Royal Institution* destinadas aos jovens, especialmente aqueles que não eram estudantes ou aspirantes a carreira científica (FARADAY, 2017). Diversos cientistas de renome, como Albert Einstein, Carl Sagan, Marcelo Gleiser, Michio Kaku, Niels Bohr, Richard Dawkins, Richard Philips Feynman, Stephen Hawking, entre tantos outros, produziram livros, vídeos e outros materiais de divulgação da ciência para jovens e adultos interessados no conhecimento científico que tem relação com as pesquisas desenvolvidas ao longo de suas carreiras. Nos Estados Unidos, em 1845, foi fundada a mais antiga revista em circulação naquele país, a *Scientific American*²¹, dedicada a

²⁰ Neste sentido, cabe salientar que este trabalho foi desenvolvido com o pressuposto de que o professor é também um divulgador científico, como será discutido a seguir.

²¹ A edição brasileira começou a ser publicada em 2002 (WIKIPÉDIA, 2018b).

divulgar artigos e textos sobre pesquisas e recentes descobertas científicas para o público em geral.

Em essência os materiais de divulgação científica (como as revistas mensais e vídeos que discutem o conhecimento científico e as suas aplicações no cotidiano) se diferem de materiais de comunicação científica (como os artigos e seminários científicos) tanto por suas intencionalidades quanto por sua linguagem (BUENO, 2013). Além disso, enquanto a divulgação científica tem como destino a sociedade em geral, ou como afirmam Ferreira e Queiroz (2012, p. 3), “[são] textos direcionados a um público “não-científico” e continuam, citando Zamboni (2001, p. 96)²² que este tipo de material se destina a “[um público] não estritamente especializado naquele tópico específico daquela subárea de um determinado campo de investigação ou de uma disciplina”.

É neste sentido que Bueno (2013, p.17) define a prática de divulgação científica como sendo “o processo pelo qual a cultura e o conhecimento da ciência são absorvidos na cultura de uma sociedade mais ampla”. A definição dada pela autora também converge para uma concepção de ciência como forma de cultura e a necessidade de incorporação das características no espectro cultural do sujeito. Afinal, a “ciência está enraizada no cotidiano, em nossa forma de vida. Por isso, todos têm o **direito** (grifo meu) de compreender e de participar da ciência (BUEN, 2013, p.17).

Entretanto, tornar o conhecimento científico compreensível a grande parte da população pode ser uma tarefa exigente. Para que a divulgação da ciência tenha alguma eficácia em seus objetivos, ela deve levar em conta fatores como: a heterogeneidade da sociedade, plataformas ou ideologias do governo vigente, a proposta do sistema educacional, a conscientização para a compreensão do envolvimento do cidadão na prática científica e a participação de cientistas e pesquisadores no exercício da divulgação da ciência²³.

Diante destes fatores e das barreiras a eles inerentes, diversos modelos com objetivos próprios foram propostos e colocados em prática ao longo dos anos, especialmente no século XX, quando o conhecimento científico alcançou um patamar

²² ZAMBONI, L. M. S. **Cientistas, jornalistas e a divulgação científica**: subjetividade e heterogeneidade no discurso da divulgação científica. Campinas: Autores Associados, 2001. 167 p.

²³ O Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), desde 2002, incluiu na Plataforma Lattes campos para que o cientista indique sua produção relacionada a divulgação da ciência, que passou a ser considerada nos critérios de produção científica da entidade.

de grande importância para o desenvolvimento social. Bueno (2013) destaca quatro principais modelos de divulgação científica propostos ao longo da história do século XX²⁴. Como veremos, estes modelos para a divulgação da ciência possuem objetivos semelhantes aos objetivos do ensino de ciências definidos para a educação brasileira especialmente na segunda metade do século XX – embora os modelos de divulgação científica tenham sido propostos anos antes nos Estados Unidos e na Europa.

2.1 A alfabetização científica (*ou science literacy*)

A alfabetização científica surgiu no fim da década de 1950 com o pressuposto de que o público sofre com um "déficit", uma lacuna de conhecimento científico. É necessário então ensiná-lo a ler ciência. Daí surge a ideia de que um grupo social "mais culto" e preparado – como os cientistas – devem educar aqueles que não possuem esse conhecimento. Caberia exclusivamente a este grupo decidir o conteúdo e a divisão dos “pacotes de conhecimento” transferidos aos “leigos”, que não poderiam acessar esses conhecimentos se não por meio da alfabetização científica.

Este modelo de divulgação do conhecimento científico, embora relacionado com os PCN+ (BRASIL, 2002), sofre críticas pertinentes quanto aos seus objetivos e métodos. Afinal, ter como pressuposto que o sujeito nada carrega de conhecimento, tratando-o como uma tábula rasa, além de não levar em conta seus interesses e necessidades práticas, é conferir ao cientista o papel de mito e a ciência, uma espécie de olimpo. Outra crítica (GIL-PEREZ et al., 2005) é a que a alfabetização científica, embora necessária para a compreensão do mundo e da formação para o exercício da cidadania, é um “mito irrealizável”, pois ignora a complexidade dos conceitos e da produção do conhecimento científico envolvido em determinado assunto, além de ser impraticável em sociedades não democráticas. Finalmente, Allchin (2011) e Bueno (2013) argumentam que a medida do nível de alfabetização científica que um sujeito possui depende da aplicação de questionários que levam em conta o conhecimento conceitual do entrevistado em enunciados por vezes complexos ou de difícil interpretação para alguém sem o conhecimento de determinada área. Desta forma, a ideia almejada da alfabetização científica enquanto modelo de divulgação da ciência, embora objetive a formação para o exercício da cidadania em uma sociedade imersa

²⁴ Os modelos propostos, embora já discutidos enquanto questão pedagógica, aqui são relacionados com as intencionalidades e motivações para a divulgação da ciência para o público em geral que não é especializado em ciência.

em ciência e tecnologia, contém lacunas que não preenchem completamente as necessidades e interesses que a sociedade possui acerca da ciência²⁵.

2.2 Compreensão pública da ciência e da tecnologia

Este modelo – compreensão pública da ciência e da tecnologia – surge na década de 1980, primeiramente na Europa, de onde se espalha rapidamente pelo mundo, influenciando políticas públicas de formação e fomento da ciência. Neste tipo de divulgação da ciência, considera-se que o déficit de conhecimento científico necessita de ações concretas do público, mas também dos cientistas, pois

este modelo [compreensão pública da ciência e da tecnologia] não envolve apenas o entendimento dos conteúdos e dos métodos científicos, mas também a compreensão de que a ciência é um empreendimento social (BUENO, 2013, p. 11)

Assim, recorre-se a maior aproximação entre o cientista e o público geral por exemplo, por meio de palestras, visitas monitoradas a centros de pesquisa e de desenvolvimento, museus de ciências e de demonstrações realizadas com o intuito de ilustrar ou de descrever o trabalho de pesquisa para o público em geral. Esses tipos de ações que visam a aproximação entre ciência, o cientista e o público devem fazer com que o público não apenas conheça, mas aja a favor da ciência (BUENO, 2013).

2.3 Ciência e sociedade²⁶

Surge como movimento social e pedagógico em meados de 1990, com a crescente necessidade de se debater as consequências para a sociedade a respeito dos resultados da prática científica, especialmente sobre o meio ambiente. Assim, estipulou-se uma espécie de contrato social entre os cientistas – que realizam pesquisas buscando a melhoria da qualidade de vida – e o público, que as utiliza e em troca, apoia a prática científica como um todo (desde que o cientista respeite o contrato social firmado com a sociedade), em um novo modelo de déficit observado no modelo da alfabetização científica.

²⁵ Entretanto, como discutido no capítulo 1, a alfabetização científica tem profunda relação com a formação da cultura científica em sala de aula, já que seus objetivos educacionais estão estritamente relacionados com a formação deste tipo de cultura. Desta forma, o modelo de alfabetização científica como ente da divulgação científica é criticado especialmente por tratar o público como “leigo” e o cientista que a divulga, como o “dono do saber”, como salienta Lévy-Leblond (VOGT, 2006).

²⁶ Atualmente o modelo é denominado como “ciência, tecnologia, sociedade e inovação – CTS&I”.

No modelo de divulgação de Ciência e sociedade, o cientista não necessita se aproximar do público, visto que outros profissionais podem realizar a “transposição” do conhecimento científico para um público não especializado, informando e debatendo descobertas ou questões científicas para outros segmentos sociais (que não cientistas). Jornalistas que cobrem a ciência, *sites*, *blogs* especializados em assuntos relacionados com a ciência, revistas de divulgação científica e, mais recentemente, autores de canais em portais de compartilhamento de vídeos – como o *YouTube* e o *Vimeo* – ou de perfis em redes sociais como o *Facebook* e o *Twitter* tem tido papel importante nesse tipo de modelo de divulgação científica. Entretanto, a ausência de cientistas participando do debate e a falta de transparência dos propósitos das pesquisas científicas (FEYNMAN, 2015), aliado ao não atendimento de determinadas demandas do interesse público, tem trazido uma crise no contrato social, formando um déficit mão dupla entre os cientistas e a população. Soma-se a este déficit o fato de cada vez menos pessoas se interessarem em produzir material de divulgação científica, fenômeno observado em todo o planeta (FAUSTO et. al., 2012).

2.4 Cultura científica (*scientific culture*)

Proposto em meados da década de 1990, procura tratar a ciência como produto social e cultural²⁷, cujo objetivo vai além de informar ou educar o público a respeito da ciência: a cultura científica deve fazer parte real da vida das pessoas, não só para o melhor conhecimento de seus conteúdos e condições históricas, mas também, para a integração do conhecimento científico e tecnológico no repertório de recursos cognitivos e críticos necessários para a participação na sociedade e no exercício da cidadania (BUENO, 2013). De acordo com o autor, dada a sua recente proposição em âmbito científico, esta concepção de ciência como cultura ainda é pouco disseminada.

As iniciativas de formação de cultura científica pressupõem um conjunto amplo e diversificado de ações relacionados as disciplinas e áreas do conhecimento e das condições dos saberes acerca da ciência e de sua produção, apropriação e

²⁷ Cabe salientar que a visão da ciência enquanto cultura, neste caso, está relacionada com a ideia que o grande público deveria possuir acerca do tema. Latour, na década de 1970, produziu um estudo antropológico e social da ciência, observando os elementos culturais adjacentes a laboratórios e a centros de pesquisa científica, de modo a perceber os cientistas como uma sociedade que “deve sempre aumentar a aliança entre seus membros, transladar interesses” e cuja prática, em essência, consiste em “criar enunciados e subtrair-lhes modalidades” (LATOUR, 2011).

implicação de seus conhecimentos na sociedade. Desta forma, a formação da cultura científica oferece alguns obstáculos, tais como: conhecimento básico dos cidadãos em geral – que pode ser relacionada com a crise no ensino de ciências discutida por Fourez (2003) e com a ausência de significado e de importância que o assunto tem para a população em geral, discutida por Feynman (2015) – e o acesso ao conhecimento produzido pela ciência, seja pelas formas tradicionais de DC (produzidas ou não por instituições de pesquisa científica ou por cientistas), como reportagens, entrevistas ou textos, seja por meio de TDIC, como vídeos, infográficos, aplicativos, entre outros.

2.5 A divulgação científica e o trabalho docente: uma relação dialógica para a enculturação científica dentro e fora do ambiente escolar

Como vimos no capítulo 1, os objetivos educacionais dos modelos de divulgação científica apresentados nas seções 2.1, 2.2, 2.3 e 2.4 convergem tanto para o aumento dos conhecimentos teóricos e de suas influências para o cotidiano quanto para a necessidade de se enculturar cientificamente a sociedade como maneira de se estabelecer e de se comunicar a ciência, isto é, como forma de transparecer a posição e as influências que a ciência possui na discussão e na resolução dos mais diversos problemas. Independente do modelo pedagógico utilizado como estratégia de ensino e de aprendizagem (aulas expositivas, aulas dialogadas, modelos metodológicos de aprendizagem ativa), todas elas têm como figura coincidente o professor (obviamente, com papel diversificado de acordo com cada metodologia de ensino). A espiral da cultura científica (ver capítulo 1, fig. 1), modelo de cultura científica defendido por Vogt (2006), implica o trabalho docente também como meio de difusão do conhecimento científico, não apenas daquele conhecimento paradigmático estabelecido na área de sua formação, mas também a relação destes saberes com as inovações científicas e tecnológicas provenientes das aplicações dos conhecimentos da ciência. *A priori*, durante a chamada “transposição didática” (onde os saberes acadêmicos são transformados em saberes escolares), há a mudança de linguagem estabelecida entre a linguagem acadêmica e direcionada a um público especializado, para uma voltada para pessoas em processo de escolarização. Ferreira e Queiroz (2012, p. 4) apontam a respeito do tema, do estilo e da composição empregados nos textos de divulgação científica, que determinadas características podem estar presentes também na linguagem (falada ou escrita) do

professor em sala de aula, mesmo sem a intencionalidade da produção concreta de um material de divulgação científica

entendemos que o discurso da divulgação científica (DC) pode ser caracterizado com base nos três elementos essenciais de qualquer gênero do discurso: o tema, o estilo e a composição. Com relação ao tema, o discurso da DC veicula conteúdos próprios à temática científica e engloba temas sobre “ciência e tecnologia” de forma mais abrangente. No que diz respeito ao estilo, por ser dirigido a um destinatário leigo, o discurso da DC deve dispensar a linguagem esotérica (compreensível apenas por poucos, nesse caso apenas por cientistas) exigida pelo discurso científico preparado por e para especialistas e abrir-se para o emprego de simplificações. No aspecto composicional, as suas formas de estruturação põem em funcionamento procedimentos discursivos diversos, como a recuperação de conhecimentos tácitos, a segmentação da informação, fórmulas de envolvimento, a presença de procedimentos explicativos, busca de credibilidade e a interlocução direta com o leitor.

Outra possibilidade que liga o trabalho docente ao exercício da divulgação científica é a possibilidade de discutir as mudanças do conhecimento científico que chamam a atenção por ter um caráter revolucionário para a ciência ou para a sociedade. A confirmação da existência do bóson de Higgs, em 2012, ou a descoberta das ondas gravitacionais realizada em 2015 são dois exemplos em que o conhecimento acadêmico – ainda que a física moderna esteja prevista para o ensino de física na escola média, poucos são os docentes que conseguem, de fato, discutí-la em sala de aula, “por diversos motivos, como: professores sem formação adequada, métodos de ensino tradicionais, alto grau de complexidade das teorias, falta de estrutura nas escolas [...]”. (KESSLER, 2008)²⁸ – teve grande repercussão, propiciando a oportunidade de discutir esses assuntos com o auxílio da linguagem simplificada e de metáforas que auxiliem os alunos a, partindo do conhecimento prévio estabelecido, aumentar o espectro de conhecimentos sobre o assunto²⁹ – possibilitando a mudança conceitual (ver capítulo 1) – e contextualizando a prática científica e as possíveis consequências para a sociedade.

²⁸ Uma análise mais detalhada a respeito das dificuldades encontradas por docentes no ensino de física moderna pode ser obtida em Monteiro, Nardi e Bastos Filho (2009).

²⁹ Em muitas situações, o emprego das explicações dadas a respeito de determinado fenômeno, quando realizadas desta forma, não constituem objeto de avaliação somativa por parte do docente, trazendo então, o caráter informativo e lúdico do conhecimento. Isso reforça o caráter de divulgação científica que determinadas tarefas docentes – como as ilustradas nos exemplos – tem em sala de aula.

Assim, o trabalho docente também se vale de características próprias da divulgação científica. Isso não vale apenas para a situação em que o professor se vale de determinado assunto para aprofundá-lo com a intenção de satisfazer determinada curiosidade ou contextualizar determinado conhecimento. O uso de materiais elaborados por terceiros, especialmente trechos de livros, reportagens, imagens, vídeos, áudios, etc. com temática científica também tem relação direta com a divulgação da ciência, não apenas pelas características apontadas por Ferreira e Queiroz (2012), mas também por possibilitar a apresentação de elementos da cultura científica, especialmente a relação entre as fontes de informação do cientista, o seu trabalho de pesquisa e como os seus resultados são compartilhados entre os pares e então chegam até a sociedade (que se vinculam as classes I, II e III dos elementos da cultura científica listados no item 1.3, em consonância com as características relacionadas por Reid e Hodson (1993).

O uso de textos de divulgação científica no ensino de ciências é objeto de estudo há décadas e os resultados sugerem que o uso deste tipo de material complementam o uso de materiais educativos tradicionais (como livros didáticos e apostilas educacionais) e facilitam a incorporação do saber científico, de modo auxiliar na formação de hábitos e de atitudes que permaneçam mesmo ao fim de cada etapa da formação educacional (FERREIRA; QUEIROZ, 2012). Ademais, o uso de textos de divulgação científica pode contribuir com a competência leitora dos alunos, de modo a potencializar a capacidade de interpretação de fatos, ideias, dados e conclusões e de formar o hábito da leitura (FERREIRA; QUEIROZ, 2012).

Apesar da existência de iniciativas de divulgação científica para crianças e jovens em idade escolar (como a revista *Ciência Hoje* e *Ciência Hoje das Crianças*, ambas editadas pelo Instituto *Ciência Hoje*), as iniciativas de divulgação da ciência estão voltadas para o lúdico e para o histórico, como é comumente visto em museus ou centros de ciências que oferecem acesso ao público. Strack; Loguercio; Del Pino, 2009³⁰ (apud VALÉRIO, 2005) apontam que há uma falha importante no que concerne a divulgação científica e os institutos de pesquisa: a pequena valorização da divulgação científica como meio de potencial educativo e a falta de compromisso

³⁰ STRACK, R.; LOGUERCIO, R.; DEL PINO, J. C. Percepções de professores de ensino superior sobre a literatura de divulgação científica. **Ciência e Educação**, v. 15, n. 2, p. 425- 442, 2009.

social destas instituições em divulgar os resultados de suas pesquisas para o público em geral.

Com relação a divulgação científica no Brasil e tendo como referência o ambiente da *web*, os blogs e canais de vídeos ocupam lugar de destaque como fonte de informação e de aprofundamento a respeito de determinado assunto científico, como é possível concluir a partir dos dados obtidos pela pesquisa de percepção da ciência e da tecnologia (BRASIL, 2015). Jornais e revistas impressas estão em segundo lugar como fonte de informação sobre ciência e tecnologia. Em ambos os casos, em grande parte, os materiais produzidos para este fim são criados especialmente por jornalistas ou por pessoas que se interessam por questões científicas. Entretanto, como apontam Xavier e Kerr (2004); Amorim e Massarani (2005); Kemper, Zimmermann, Gastal (2007) e Ferreira e Queiroz (2012), pouco é discutido a respeito das fontes de informação e da correção conceitual que esses textos (ou vídeos) possuem. Neste sentido, Xavier e Kerr (2004, p. 344) defendem a necessidade de o docente avaliar criteriosamente os textos escolhidos para o uso em sala de aula, pois:

o poder que esses meios de comunicação têm de influenciar a formação das pessoas é muito grande e pode atingir todos os segmentos da sociedade. Os reflexos sobre as concepções dos alunos são diretos, como leitores, ou indiretos, através dos canais sociais pelos quais ocorre a difusão das informações jornalísticas

A difusão das notícias falsas – as *fake News* – é uma questão recorrente na análise da sociedade contemporânea e tem motivações políticas e psicológicas (D'ANCONA, 2018). Evidências indicam que alunos que não desenvolveram os elementos da cultura científica tendem a classificar como verdadeiras notícias e afirmações de caráter científico pois realizam a análise das afirmações alicerçadas em seu conhecimento prévio (que pode ser obtido fora do ambiente de sala de aula), pela credibilidade que julga possuir determinada fonte de informação ou pela relação cultural de saberes (GONÇALVES, SCHNEIDER, 2017). Desta forma, o uso de textos de divulgação científica no ambiente escolar deve ser precedido de uma escolha criteriosa da linguagem (que deve ser compreensível pelos alunos), da correção conceitual e citação de suas fontes (e em caso contrário, isso abre a oportunidade do docente discorrer sobre as formas de identificar uma notícia falsa ou até mesmo

justificar os erros conceituais apresentados, de modo a permitir aos alunos uma visão epistemológica em contraposição ao saber curioso (FREIRE, 2015).

Sejam como complementares aos materiais didáticos, sejam como forma de introdução a uma situação problema ou a discussões de natureza epistemológica, o uso de textos de divulgação científica pode, além de fomentar os hábitos relacionados a leitura e a interpretação de informações, permitir

que os alunos assumam posições e construam juízos de valor, estabeleçam relações, mobilizem seus conhecimentos para solucionar situações-problema e [...] transponham esses conhecimentos para a sua vida diária. (MENEGAT; CLEMENT; TERRAZZAN, 2007³¹ apud FERREIRA; QUEIROZ, 2012)

Outra possibilidade do uso de textos de divulgação científica em sala de aula é a elaboração deste tipo de conteúdo pelos estudantes, sob a orientação de um ou de mais docentes.

É neste sentido que Demo (2014) defende produção própria de conhecimento, possibilitando a combinação de educação e ciência. Para o autor, a pesquisa realizada pelo discente deve ser encarada como um princípio educativo, pois, segundo ele, isso proporcionaria a expectativa da cidadania ancorada em pesquisa e na criação de materiais subjacentes a ela. Demo (2014) ainda propõe duas condições para que esta produção tenha êxito na relação entre o aprendizado, a pesquisa e a produção de conhecimento: i) a produção do conhecimento enquanto exercício educativo quando se conjugam método e o exercício da cidadania e ii) saber apreciar a face educativa da pesquisa.

Como exemplo, o autor defende o uso da Wikipédia como instrumento de formação científica e cidadã. Em seu ponto de vista, os editores da Wikipédia promovem a ciência e a cidadania; ciência ao estruturar e praticar o método, estruturação textual, argumentação fundamentada e regras metodológicas e educação ao se trabalhar a autoridade do argumento, a cidadania que sabe pensar, a fundamentação sempre aberta e o abate da autoridade do argumento (DEMO, 2014 p. 23). Essa fundamentação possibilitaria armar a “educação científica” que coloque

³¹ MENEGAT, T. M. C.; CLEMENT, L.; TERRAZZAN, E. A. Textos de divulgação científica em aulas de física: uma abordagem investigativa. In: Encontro nacional de pesquisa em educação em ciências, 6., 2007, Florianópolis. Atas... Florianópolis, 2007.

nos devidos lugares o procedimento científico (como meio) e o procedimento pedagógico (como fim). A criação ou edição de verbetes ou páginas da Wikipédia, portanto, pode servir como embasamento pedagógico de uma prática da enculturação científica, pois oferece um ambiente que pode ser modificado permanentemente, com o exercício de consensos e confluência da qualidade formal e política, descartando o argumento da autoridade, já que o conhecimento é assumido como proposta sempre discutível. Também compete a 'Wiki' valores pedagógicos importantes, como o fomento da aprendizagem não formal ao longo da vida toda.

Como vimos, existem diversas possibilidades do uso de materiais de divulgação científica no ensino de ciências (que, evidentemente, não é restrita às disciplinas naturais), que podem atender a diversos objetivos: desde a complementação de informações apresentadas em materiais didáticos até o fomento aos elementos da cultura científica, com a discussão a respeito do trabalho do cientista, seus métodos, as incorreções conceituais eventualmente apresentadas no texto e a importância e implicações do conhecimento científico discutido para a sociedade.

A pesquisa que resultou nesta dissertação levou em conta o uso de textos de divulgação científica para fomentar a discussão sobre a ciência, seus métodos e o trabalho do cientista em uma sequência didática elaborada com fins de modificar ou reforçar elementos da cultura científica identificados após a análise das respostas obtidas a um questionário sobre natureza da ciência, que possibilitaram a construção e a análise qualitativa do espectro epistemológico dos estudantes participantes.

Capítulo 3 – A sequência didática de introdução a natureza da ciência

Como já discutido no capítulo 1, os PCN+ (BRASIL, 2002) defendem para o ensino de física a “formação de uma cultura científica efetiva” (p. 229), cujo conhecimento físico deverá ser explicitado de modo a demonstrar a sua construção histórica e social e que está associado a outras formas de expressão e produção humanas e que deve incluir a compreensão dos procedimentos técnicos ou tecnológicos e as suas implicações sociais.

E a rapidez com a qual o avanço científico e tecnológico e a disseminação de informações alcançam com as rápidas conexões que o mundo atual permite, dificilmente pode ser discutida em livros didáticos, que geralmente, são preparados para dar suporte conceitual ao que é discutido nas aulas. Assim, não é raro encontrar estudantes que já se depararam com alguma informação falsa sobre diversos temas, incluindo os científicos, durante o uso de redes sociais, aplicativos de mensagens, vídeos, *sites* etc. Curiosidades que explicam determinados fenômenos de forma rasa e que deturpam informações e conceitos ou textos e imagens que reforçam movimentos de negação da ciência e do conhecimento científico, como os movimentos antivacina³², de negação do aquecimento global e os que defendem (em pleno século XXI) que o planeta Terra é plano, e não esférico como sabemos.

Essas informações são incorporadas a cognição do estudante e podem persistir mesmo após a instrução formal (GERMANO; KULESZA, 2010), especialmente quando este tipo de conhecimento não é colocado a prova, por exemplo, na resolução de uma situação real, onde provocaria conflitos cognitivos (VAIRO, REZENDE FILHO, 2013) e aumentaria o espectro de conhecimentos conceituais que o estudante possui.

Desta forma, é importante que o docente planeje a sua prática, especialmente quando ela é voltada à formação da cultura científica, de modo a incluir a discussão de informações disseminadas em massa (por meio de aplicativos de mensagens ou em redes sociais) e principalmente aquelas apresentadas pelos alunos no decorrer das aulas, evidenciando as incorreções conceituais e destacando as fontes confiáveis

³² O movimento antivacina ganhou notoriedade com a divulgação realizada por um médico britânico que associou a vacinação de crianças contra a rubéola e sarampo (MMR, na sigla em inglês) ao desenvolvimento de autismo, o que ocasionou a queda no número de vacinas aplicadas e surtos sazonais de sarampo registrados na Inglaterra e nos Estados Unidos (GOLDACRE, 2013).

de informação e as formas com as quais é possível identificar possíveis erros e sensacionalismos em textos ou vídeos relacionados a conceitos científicos.

Lembramos que o objetivo deste trabalho – de identificar as tendências epistemológicas sobre natureza da ciência e os elementos de cultura científica a partir dos elementos característicos propostos para esta dissertação – começa a ser dimensionado neste ponto, de modo que ao fim da aplicação dos questionários, da análise dos resultados e da discussão sobre a sequência didática proposta, tenhamos elementos suficientes para determinar a validade de nossas hipóteses:

- I. Os alunos apresentam uma tendência epistemológica de ciência regionalista, cujos conhecimentos se acumulam ao longo do tempo e se aproximam da verdade a medida que evoluem e que considera o cientista neutro e avesso a interferências externas;
- II. são mínimos os elementos da cultura científica, classificáveis dentro da espiral da cultura científica de Vogt (2006) e do modelo multidimensional de Godin e Gingras (2000) não estão presentes quando analisados os conhecimentos sobre natureza e história da ciência e a relação entre ciência, tecnologia e sociedade, no grupo de alunos participantes e;
- III. a seleção de textos de divulgação científica, ao levar em conta os aspectos culturais e epistemológicos apresentados pelos alunos oferece a possibilidade de reflexão conceitual de seus conhecimentos espontâneos em comparação com o saber epistemológico trazido pelo docente e pelos textos selecionados.

Nas próximas seções serão apresentados os métodos de elaboração, coleta e de análise dos dados que permitiram a elaboração dos gráficos das tendências epistemológicas dos alunos envolvidos neste trabalho, bem como se deu a seleção dos textos de divulgação científica que foram utilizados posteriormente na sequência didática sobre a natureza da ciência e os métodos de análise a despeito de possíveis mudanças conceituais e outros apontamentos sobre os resultados que serão discutidos no capítulo 4 desta dissertação.

3.1 – Panorama geral da sequência didática

A sequência didática sobre a natureza da ciência foi planejada para a aplicação em seis tempos de aula (6 *tau*) de cinquenta minutos cada para alunos do ensino médio, distribuídos de acordo com a tabela 3, a seguir:

Tabela 3: Etapas, atividades e estratégias utilizados na sequência didática.

Etapas	Atividades realizadas	Duração (<i>tau</i>)
<i>Levantamento de dados qualitativos de tendências epistemológicas e de elementos da cultura científica</i>	Aplicação dos questionários: “ <i>Tendências epistemológicas e visões sobre a natureza da ciência de alunos do ensino médio</i> ” e “ <i>Identificação de elementos da cultura científica em alunos do ensino médio</i> ” (Apêndice A)	1
<i>Discussão metodológica da natureza da ciência</i>	Atividade em grupo: “verificação de fatos” Exposição oral dos grupos e discussão sobre hipótese científica e pseudociência. (Apêndice B)	1,5
<i>Conhecimentos científicos e as implicações para a sociedade</i>	Discussão sobre o texto “a prova final da fosfoetanolamina” (REVISTA PESQUISA FAPESP, 2016) e “Mapa da Ciência em SP” (REVISTA PESQUISA FAPESP, 2017). Apresentação do texto “A pesquisa com a fosfoetanolamina sintética como inibidor da progressão de tumores” (CAETANO et. al., 2017) (Apêndice B)	1,5
<i>Nem sempre perfeita: o conhecimento científico e a falsa neutralidade perante a sociedade</i>	Discussão sobre os usos da energia nuclear baseada nos textos “Os Átomos” (GLEISER, 2008) e “Acidente radiológico de Goiânia” (WIKIPÉDIA, 2018a) (Apêndice B)	2

Fonte: autoria própria.

Na etapa “*Levantamento de dados qualitativos de tendências epistemológicas e de elementos da cultura científica*”, foram aplicados os questionários eletrônicos para a posterior análise e levantamento das tendências epistemológicas e da presença dos elementos da cultura científica. Em sequência, na etapa “*Discussão metodológica da natureza da ciência*”, foi realizada uma atividade em grupo para a análise de informações relacionadas a ciência e discussão sobre os métodos científicos e a distinção entre o que é aceito ou não como conhecimento da ciência. Após esta etapa, aplicou-se a etapa “*Conhecimentos científicos e as implicações para a sociedade*”, onde se discutiu a evolução e as implicações do conhecimento científico, tomando como base uma situação do cotidiano relacionada a “pílula do câncer”. Por último, foi aplicada a etapa “*Nem sempre perfeita: o conhecimento científico e a falsa neutralidade perante a sociedade*”, onde se discutiu como o conhecimento científico pode trazer consequências benéficas ou maléficas para a sociedade, tendo como base, o conceito de radioatividade e as suas aplicações na produção de energia elétrica, armas e sobretudo, em tratamentos médicos.

A coleta dos dados referentes ao questionário e a aplicação da sequência didática cujos temas são descritos na tabela 3 ocorreram no primeiro semestre de 2018 em duas escolas privadas com duas turmas da 1ª série do Ensino Médio e três turmas da 2ª série do Ensino Médio na quais o professor-pesquisador atuava como docente de Física. Dos 144 alunos matriculados nas cinco turmas envolvidas, foram analisados os dados para as tendências epistemológicas e elementos da cultura científica de 85 alunos (ou 59,0% do total)³³ com idades entre 14 e 16 anos. Para fins de identificação neste trabalho, as escolas serão representadas por ETM (com 55 participantes) e EOM (com 30 participantes). Para a maior clareza, ao nos referenciarmos aos alunos participantes, eles serão identificados por códigos que remetem à escola e série onde estão matriculados. Assim, os alunos da ETM serão identificados pela sigla “COI” e os alunos da escola EOM, com a sigla “OB”. Em ambos os casos, será aplicado um código composto por três algarismos, onde o primeiro se refere à série/ano em que o aluno está matriculado e o segundo e terceiro algarismos fazem referência a numeração proposta pelo professor-pesquisador na identificação dos alunos participantes – e que não obedece a numeração da listagem dos alunos em suas respectivas turmas.

³³ Dos 144 alunos, apenas 85 realizaram todas as atividades propostas, de modo que os dados referentes aos outros 59 alunos não foram analisados.

As atividades desenvolvidas não renderam qualquer ônus ou bônus nas avaliações somativas que compunham a média dos estudantes, ainda que o desempenho formativo fosse continuamente avaliado para eventualmente compor os resultados deste trabalho.

As escolas localizam-se na Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte (RMVale). Nesta região encontram-se algumas das principais instituições de ensino e de pesquisa do Brasil, como o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, e o Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial – DCTA, além da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá (FEG–UNESP) e a própria Escola de Engenharia de Lorena (EEL–USP), refinaria de petróleo e gás e indústrias que produzem componentes tecnológicos e alimentícios utilizados e consumidos diariamente, como telefones celulares, câmeras fotográficas, televisores, pilhas, baterias, chocolates, sucos e combustíveis, entre outros.

Os apontamentos e discussões teóricas realizadas nos capítulos 1 e 2 desta dissertação indicam a necessidade e a importância de se implementar a cultura científica em sala de aula, tanto para o domínio e o reconhecimento da influência e urgência do entendimento da prática científica para a compreensão do mundo e para a tomada de decisões em âmbito pessoal, acadêmico, profissional e social. Desta forma, a partir do questionário e natureza da ciência e as sequências didáticas apresentados e aplicados aos estudantes envolvidos, procurou-se estruturar um modelo cuja aplicação (i) permitisse a utilização por outros docentes interessados (ii) propiciasse uma maneira de indicar as tendências de pensamento de estudantes sobre o fazer científico; (iii) permitisse ao docente discutir aspectos da cultura científica que estão *além* dos conteúdos (ALLCHIN, 2011); (iv) propiciar aos estudantes o conhecimento de sua visão epistemológica sobre ciência, dando assim, a possibilidade da correção ou a complementação de elementos conceituais ou práticos (MORTIMER, 1992; 1996; VAIRO, REZENDE FILHO, 2013).

3.2 – A elaboração do questionário eletrônico e a coleta de dados para a identificação das tendências epistemológicas e dos elementos da cultura científica

A partir das categorias epistemológicas de Pombo (1998), dos elementos da cultura científica discutidos por Vogt (2005, 2006), Reid e Hodson (1993) Godin e Gingras (2000) e Allchin (2004; 2011) e da categorização proposta para este trabalho

(ver capítulo 1, item 1.3), foram elaborados dois questionários eletrônicos que foram planejados para serem aplicados nas duas aulas introdutórias da sequência didática elaborada para esta pesquisa. A opção por questionário eletrônicos se deu pelas vantagens em termos de tempo para a aplicação e a análise dos dados: o algoritmo da plataforma utilizada – *Microsoft Forms*³⁴ – permitia a coleta e a análise individual e média, em tempo real, de cada uma das perguntas respondidas, além de permitir exportar os resultados para que fossem analisados fora da plataforma em software de planilhas, como o Microsoft Office Excel. Além destas, a aplicação de um instrumento digital que possibilite a utilização do celular para responder as questões mostrou-se uma oportunidade de observar como seria o comportamento dos alunos perante o uso de tal recurso em relação, por exemplo, a formulários em papel³⁵.

Dois questionários eletrônicos foram elaborados, baseados nos referenciais teóricos discutidos no capítulo 1 deste trabalho, além de trabalhos anteriores de Tolentino Neto (2008) e Bizzo (2012) que discutiam a aplicação de questionários sobre o interesse e a dimensão epistemológica da ciência em alunos do ensino médio.

O primeiro questionário, intitulado: “Tendências epistemológicas e visões sobre a natureza da ciência de alunos do ensino médio” tinha como objetivo a identificação das tendências da compreensão epistemológica da ciência, isto é, como os alunos compreendem a prática científica e os seus conhecimentos em comparação com as categorias pombalinas (POMBO, 1998). Para isso, foram aplicadas duas questões na escala Lickert de cinco pontos (de “discordo totalmente” a “concordo totalmente”), três questões cujas respostas eram limitadas as alternativas ‘sim’ e ‘não’ e ainda oito questões com alternativas elaboradas para indicar a visão epistemológica dos alunos, totalizando treze questões (sendo 11 de resposta obrigatória). A partir dos resultados, foram elaborados gráficos de barras a fim de apresentar visualmente as tendências de pensamento a respeito da natureza da ciência e da evolução do conhecimento científico. As perguntas foram divididas em quatro seções, cada uma correspondente a uma categoria epistemológica de Pombo. Assim, as respostas de cada seção seriam analisadas de maneira mais rápida e, desta maneira, nos seria possível identificar as tendências epistemológicas de forma mais ágil.

³⁴ MICROSOFT. **Microsoft Forms**. Disponível em: <https://forms.office.com>. Acesso em: 25 jan. 2019.

³⁵ O trabalho de Tolentino Neto (2008), por exemplo, nos mostra que o uso de formulários de papel pode implicar em uma espécie de “viés de desânimo”, caracterizado pelo desejo de responder o mais rapidamente o questionário como forma de encerrar a tarefa que passou a ser tediosa.

O segundo questionário eletrônico, “Identificação de elementos da cultura científica em alunos do ensino médio” procurou qualificar a presença dos elementos de cultura científica e os possíveis enquadramentos que estes poderiam possuir diante das classes propostas para este trabalho (ver capítulo 1, seção 1.3). Por uma limitação da plataforma eletrônica, o questionário foi dividido em dois blocos de perguntas. Desta forma, tivemos 23 questões no primeiro questionário (ou Parte 1) e mais 41 questões no segundo questionários (ou Parte 2), totalizando 64 questões (sendo 62 obrigatórias) cujas alternativas de resposta estavam vinculadas à escala Lickert, a inserção de texto curtos, a alternativas como “sim” e “não” e alternativas que foram construídas de modo a indicar a presença de um elemento de cultura científica e onde este elemento se enquadrava dentro das classes apresentadas para este trabalho. Esperava-se que, ao responder, o aluno indicasse implicitamente qual era o seu nível de conhecimento sobre os elementos da cultura científica e como eles se relacionam com aquilo que lhes era inquirido.

A seção inicial de cada um dos questionários era composta por um texto de apresentação dos objetivos do questionário, instruções básicas para o seu preenchimento e avisos legais a respeito da pesquisa desenvolvida. Nesta seção, encontravam-se dois campos de preenchimento obrigatório: o código de acesso, elaborado para que se pudesse realizar a análise individual dos resultados sem que fosse necessário identificar o participante, ao mesmo tempo, contudo, que nos permitisse identificar a unidade escolar e a série a qual ele era vinculado; este código era composto por três caracteres alfabéticos relativos a unidade escolar e três numéricos: o primeiro, indicando a série em curso e os dois seguintes, compostos pelo número de chamada na listagem oficial. Assim, ainda que dois alunos pudessem ter o mesmo número de chamada, por exemplo, eles ainda poderiam ser diferenciados por meio de sua unidade escolar ou sala a qual está vinculado. Além deste campo, havia o campo de endereço de e-mail, cujo objetivo era o de coletar uma forma de contactar os diretamente os alunos em caso de necessidade de confirmação de algum ponto na análise dos resultados e para o envio dos questionários respondidos em caso de solicitação.

3.3 - A aplicação dos questionários eletrônicos³⁶

³⁶ Os questionários encontram-se no apêndice A dessa dissertação.

O início da sequência didática é demarcado com a aplicação dos questionários eletrônicos elaborados para coletar os dados que nos indicariam qualitativamente as tendências epistemológicas e o desenvolvimento das classes de cultura científica nos alunos envolvidos.

Inicialmente explicou-se para cada turma, separadamente, quais eram os objetivos do questionário e como acessá-lo. Para isto, foram projetados os três endereços na *web* para acesso ao questionário encurtados com o auxílio do site <https://bit.ly> e três QR-Code para facilitar o acesso dos alunos aos questionários, de modo a utilizar apenas a câmera de seu *smartphone* para abrir os questionários. O QR-Code de cada questionário fora disponibilizado pelo *Microsoft Forms*.

Para os alunos que não possuíam acesso à internet – visto que nenhuma das escolas oferecia rede de internet sem fio para os alunos –, foi disponibilizada conexão *tethering* a partir do dispositivo móvel do professor-pesquisador. À medida em que os alunos encerravam a participação em um questionário, eram orientados a continuar a responder o próximo, até que finalizassem todos os questionários. Nas turmas de 1ª série do ensino médio muitos alunos tiveram dificuldade com o uso dos QR-Code disponibilizados (alguns alunos demonstraram surpresa ao descobrirem que a câmera do *smartphone* conseguia captar os códigos e outros sequer conheciam a utilidade ou a aplicação deste tipo de tecnologia, embora presente na publicidade, em redes sociais e até em alguns itens de seus materiais didáticos). Nas três turmas de 2ª série do ensino médio, foi possível observar que as dificuldades apresentadas pelos alunos foram quantitativamente menores em comparação com a outra série.

Em média, os alunos levaram 42 minutos para responderem aos três questionários propostos³⁷. Em muitos momentos – especialmente no início de cada um dos questionários – os alunos questionavam o professor-pesquisador a respeito da incorreção das afirmativas ou respostas dadas por eles. Era como se as respostas apresentadas necessitassem ser sempre corretas. Após a orientação do professor-pesquisador de que eles deveriam registrar as respostas de acordo com aquilo que concordassem nas afirmativas ou com aquilo que soubessem – independentemente da correção conceitual apresentada –, o nível de insegurança com as respostas pareceu diminuir, embora fosse possível verificar que as cinco turmas apresentaram um comportamento semelhante: o de, após a finalização de cada questionário,

³⁷ Sem levar em conta o tempo necessário para o acesso entre um questionário e outro.

comentar as respostas dadas com os colegas em busca de possíveis coincidências nas respostas registradas.

Dos 144 alunos que inicialmente faziam parte da amostra da pesquisa, 27 (17 da ETM e 10 da EOM) não compareceram, 14 (11 da ETM e 3 da EOM) não estavam com seus smartphones e não quiseram utilizar os computadores da sala de informática das escolas e 18 (10 da ETM e 9 da EOM) não quiseram participar de nenhuma das atividades.

3.4 – Metodologia de análise dos dados dos questionários

As tendências epistemológicas dos alunos foram qualificadas a partir das respostas registradas pelos alunos as perguntas distribuídas nas quatro seções do questionário. As seções foram distribuídas de modo a seguir a sequência das categorias epistemológicas de Pombo (1998): epistemologias regionalistas ou generalistas (seção 2); epistemologias continuístas e descontinuístas (seção 3); epistemologias cumulativistas e não-cumulativistas (seção 4) e epistemologias internalistas e externalistas (seção 5)³⁸. Deste modo, a análise das respostas nos indicaria qualitativamente quais eram as tendências destacadas no pensamento sobre a natureza da ciência dos alunos envolvidos, que estão diretamente ligadas as alternativas por eles escolhidas para cada uma das perguntas. Por esta razão, as alternativas foram pré-estabelecidas de modo a representar qualitativamente a tendência de pensamento dos alunos sobre cada epistemologia pombalina; a intenção era estabelecer um instrumento que facilitasse a identificação de tais tendências ao mesmo tempo que diminuísse o tempo para que as respostas fossem registradas.

Cada afirmativa que compunha as questões na escala Lickert possui um item que denominamos “relação de concordância” que permite comparar o nível de concordância apresentado pelo aluno com aquele nível de concordância que o item representa de acordo com as categorias epistemológicas (POMBO, 1998). Por exemplo: a afirmativa “*O conhecimento científico é o único conhecimento que pode ser considerado verdadeiro.*” (seção 2) tem a relação de concordância de referência dada por nós como sendo generalista, isto é, quanto maior o nível de concordância

³⁸ A seção 1 continha apenas campos para a identificação dos alunos em relação as escolas ETM e EOM.

apresentado pelo aluno, maior será a tendência para esta visão; do contrário, quando o aluno discordar da afirmação, maior será a tendência “oposta” – que neste caso, representaria a tendência a visão regionalista da prática científica. Essas relações foram propostas pelo professor-pesquisador com base no referencial teórico discutido nos capítulos anteriores deste trabalho.

Em relação ao questionário 2, foi aplicada a mesma metodologia de análise, isto é, cada alternativa escolhida foi adotada como sendo uma representação do pensamento do aluno a respeito dos temas relacionados com a cultura científica a partir das concordâncias de referência propostas. Assim, cada sessão do questionário tinha uma relação direta com os níveis de cultura científica propostos para este trabalho (seção 1.3), de modo que as respostas assinaladas pudessem qualificar o nível de desenvolvimento de cada nível, seja pela tendência de concordância ou de discordância a respeito de algumas afirmações, seja pelas respostas registradas textualmente, especialmente sobre o conhecimento relacionado com a história da ciência e do conhecimento do desenvolvimento da ciência para um país, conforme defendido em Godin e Gingras (2000) e Allchin (2011). Quanto maior fosse a concordância (nas questões que utilizaram a escala Lickert) ou quanto mais respostas positivas ou negativas – a depender do contexto -, maior seria o desenvolvimento dos elementos característicos da cultura científica.

Com a coleta de dados realizadas por meio do questionário eletrônico elaborados especificamente para esta pesquisa e com a análise das anotações de campo e gravações das aulas da sequência didática, estamos prontos para discutir os resultados e compará-los a luz dos referenciais teóricos já discutidos nos capítulos anteriores.

3.5 – A análise do questionário de concepções a respeito da natureza da ciência

3.5.1 – As tendências epistemológicas dos alunos pesquisados

O questionário de tendências epistemológicas (Apêndice A) foi respondido por 55 alunos da ETM e por 30 alunos da EOM durante as aulas de Física ministradas pelo professor-pesquisador. Como já discutido nas seções anteriores, este questionário tinha como objetivo levantar dados que pudessem auxiliar a traçar as

tendências de pensamento dos alunos acerca da natureza da ciência em termos de categorias epistemológicas de Pombo (1998).

A respeito das epistemologias generalistas e regionalistas, objeto de análise a relativa à questão “marque a opção correspondente ao seu nível de concordância com cada uma das afirmações a seguir”, os resultados obtidos a partir das respostas dos 85 alunos são apresentados a seguir, na tabela 4 e o seu respectivo gráfico, na figura 2:

Tabela 4: Resultados coletados para a questão “marque a opção correspondente ao seu nível de concordância com cada uma das afirmações a seguir” no levantamento de tendências epistemológicas

Afirmativa	Relação de concordância	Níveis de concordância com as afirmações (%)				
		Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Elemento neutro	Concordo parcialmente	Concordo totalmente
1) O conhecimento científico é o único conhecimento que pode ser considerado verdadeiro.	Generalista	9,4	16,5	11,8	49,4	12,9
2) Os métodos de pesquisa e a forma como os conhecimentos são discutidos pelos cientistas, são os mesmos utilizados pelos cientistas em qualquer área do conhecimento.	Generalista	18,8	24,7	15,3	32,9	8,2
3) O conhecimento científico sempre é dividido em exatas, humanas e biológicas.	Regionalista	10,6	12,9	14,1	27,1	35,3
4) Em geral, um cientista é aquele que se dedica a pesquisas relacionadas com áreas da física, da química e da matemática.	Regionalista	23,5	30,6	8,2	24,7	12,9
5) Os laboratórios e núcleos de pesquisas possuem equipes interdisciplinares de cientistas.	Generalista	2,4	1,2	16,5	30,6	49,4

(Continua)

(Conclusão)

Afirmativa	Relação de concordância	Níveis de concordância com as afirmações (%)				
		Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Elemento neutro	Concordo parcialmente	Concordo totalmente
6) Os conhecimentos de uma determinada área do conhecimento raramente são aplicados em outras áreas.	Regionalista	57,6	18,8	3,5	15,3	4,7
7) Todo novo conhecimento científico sempre resulta na melhoria de vida da população.	Generalista	7,1	12,9	15,3	38,8	25,9
8) Elementos como: pergunta, levantamento e teste de hipóteses e conclusão pertencem a qualquer pesquisa científica, independentemente da área do conhecimento	Generalista	3,5	4,7	7,1	14,1	70,6

Fonte: autoria própria.

Figura 2: nível de concordância dos 85 alunos em relação as afirmativas apresentadas na tabela 4 relacionadas com as epistemologias gerais e regionais de Pombo (1998).

Fonte: autoria própria.

Ao levarmos em conta a tendência de concordância, isto é, a posição relativa ao nível “concordo totalmente” e a afirmativa proposta, há uma clara tendência a se considerar, neste caso, a ciência como sendo de práticas generalistas, isto é, as práticas científicas cujos métodos não estão restritas a uma disciplina ou área do conhecimento.

A respeito da questão “um novo conhecimento científico:” em que as afirmativas procuraram representar a tendência de pensamento dos alunos a respeito do modo em que se dá o progresso do conhecimento científico, os resultados estão expressos na tabela 5 e na figura 3, a seguir:

Tabela 5: Níveis de concordância a respeito das afirmativas apresentadas a questão “Um novo conhecimento científico:”

Afirmativa	Relação de concordância	Quantidade (%)
<i>Sempre está relacionado com conhecimentos científicos anteriores</i>	Continuísta	6
<i>Pode ser obtido a partir de novas concepções, sem necessariamente, estar associado a um conhecimento anterior</i>	Descontinuísta	45
<i>É resultado do constante aperfeiçoamento de teorias anteriores</i>	Continuísta	21
<i>Pode ser uma ruptura no saber científico, especialmente quando esse novo conhecimento contrapõe teorias já estabelecidas anteriormente</i>	Descontinuísta	21
<i>Não sei</i>	Elemento neutro	2

Fonte: autoria própria.

Figura 3: Proporção das respostas a questão “um novo conhecimento científico:” das categorias epistemológicas continuísta e descontinuístas propostas por Pombo (1998).

Fonte: autoria própria.

Conforme vimos na seção 1.8.2 deste trabalho, as categorias “continuístas” e “descontinuístas” fazem referência a forma como ocorre o progresso do conhecimento científico: se por acumulação ou por rupturas relacionadas aos conhecimentos anteriormente aceitos pelo consenso dos cientistas.

A análise dos dados relacionados na tabela 3 mostra a tendência dos alunos considerarem o progresso científico como resultante de rupturas com os conhecimentos anteriormente estabelecidos.

A tabela 6 e a figura 4, a seguir, apresentam os resultados coletados para as respostas da questão: “*Marque a opção correspondente ao seu conhecimento a respeito de cada afirmação abaixo.*”

Tabela 6: Porcentagem de concordâncias com as afirmativas apresentadas para a questão: “Marque a opção correspondente ao seu conhecimento a respeito de cada afirmação abaixo:” no levantamento de tendências epistemológicas

Afirmativa	Relação de concordância	Níveis de concordância com as afirmações (%)				
		Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Elemento neutro	Concordo parcialmente	Concordo totalmente
1) O conhecimento científico aumenta (ou evolui) sempre quando se acumulam conhecimentos suficientes para que uma nova descoberta ocorra.	Continuísta	1,2	7,1	11,8	37,6	42,4
2) Todo conhecimento científico é resultado de conhecimentos científicos anteriores.	Continuísta	10,6	28,2	14,1	32,9	14,1
3) O conhecimento científico evolui quando se rompe, isto é, mostra que os conhecimentos aceitos até então eram incorretos ou insuficientes.	Descontinuísta	10,6	22,4	15,3	41,2	10,6
4) Se houver uma ruptura no conhecimento científico quando uma nova teoria é apresentada, então, tudo aquilo que foi obtido a partir da teoria antiga torna-se inválido.	Descontinuísta	28,2	37,6	14,1	14,1	5,9

Fonte: autoria própria.

Figura 4: nível de concordância e de discordância dos 85 alunos em relação a afirmativas relacionadas com as epistemologias gerais e regionais de Pombo (1998) encontradas na questão “Marque a opção correspondente ao seu conhecimento a respeito de cada afirmação abaixo:”

■ Discordo totalmente
 ■ Discordo parcialmente
 ■ Não discordo nem concordo
 ■ Concordo parcialmente
 ■ Concordo plenamente

Fonte: autoria própria.

Ao verificarmos as respostas dadas pelos alunos, observa-se a tendência ao continuísmo como principal forma de progresso do conhecimento científico. Afinal, o nível de concordância com as relações de concordância esperadas, isto é, a taxa de entrevistados que concordaram com a afirmativa – que implicitamente se referia ao continuísmo – foi de 80% para a primeira afirmativa e de 47% para a segunda afirmativa. As duas últimas afirmativas, que implicitamente apontavam para uma ciência que evolui a partir das rupturas, obtiveram taxas de concordância de 51,8% e de 20%, respectivamente. Especialmente quanto a afirmativa 4, o nível de discordância atingiu 65,8%, o que infere um reforço na concepção de continuidade (no sentido de acumulação) do conhecimento em termos evolutivos.

Quanto a questão “quando uma nova teoria é proposta, ela representa necessariamente”, duas afirmativas eram possíveis (“chega mais próximo de uma verdade absoluta, onde um conhecimento torna-se irrefutável” e “compreende apenas uma nova forma de ver o mundo, cuja aproximação da verdade não é mais importante do que as novas explicações obtidas”), de modo que cada uma convergia para uma categoria epistemológica de Pombo (1998), conforme a tabela 7, a seguir:

Tabela 7: Níveis de concordância a respeito das afirmativas apresentadas para a questão: “quando uma nova teoria é proposta, ela representa necessariamente”

Afirmativa	Relação de concordância	Quantidade (%)
1) Uma maior aproximação da verdade em comparação com as teorias anteriores, isto é, ela complementa e avança o conhecimento científico em direção a uma verdade absoluta	Comulativista	38
2) Uma forma mais abrangente de ver o mundo, isto é, uma nova forma de compreendê-lo e explicá-lo sob o ponto de vista científico	Não cumulativista	62

Fonte: autoria própria.

A figura com os dados da tabela 7 é dado a seguir, na figura 5:

Figura 5: Proporção das respostas para a questão “quando uma nova teoria é proposta, ela representa necessariamente...” em relação as categorias epistemológicas cumulativistas e não cumulativistas propostas por Pombo (1998).

Fonte: autoria própria.

Os dados analisados nesta questão indicam que a maioria dos alunos considera a ciência como um empreendimento de compreensão do mundo, em que uma nova teoria não é, necessariamente, mais correta do que a anterior. Desta forma, a verdade científica não seria, *a priori*, uma verdade absoluta por si só e sujeita a modificações com o passar do tempo.

A questão “*em seu entendimento, o conhecimento científico, à medida em que evolui:*” também trazia afirmações relacionadas com a relação temporal entre a ciência e a verdade separadas a partir das categorias de Pombo (1998):

Tabela 8: Níveis de concordância a respeito das afirmativas apresentadas na pergunta: “em seu entendimento, o conhecimento científico, à medida em que evolui.”

Afirmativa	Relação de concordância	Quantidade (%)
1) Chega mais próximo de uma verdade absoluta, onde um conhecimento torna-se irrefutável	Comulativista	45,0
2) Compreende apenas uma nova forma de ver o mundo, cuja aproximação da verdade não é mais importante do que as novas explicações obtidas	Não cumulativista	55,0

Fonte: autoria própria.

A figura com os dados da tabela 8 está na figura 6, a seguir:

Figura 6: Proporção das respostas a questão 6 (Q6) das categorias epistemológicas cumulativistas e não cumulativistas propostas por Pombo (1998).

Fonte: autoria própria.

De forma análoga ao que foi observado na questão anterior (tabela 7), o resultado apresentado diverge ligeiramente do que foi obtido em Q6. Entretanto, a tendência em considerar o conhecimento científico sob a perspectiva não cumulativista ressurge, dando indícios de que esta concepção é própria das tendências de pensamento – e não resultado de flutuações estatísticas, por exemplo.

As respostas para as questões “*O conhecimento científico que possuímos atualmente é uma verdade que nunca será alterada?*” e “*você concorda com a afirmação: “todo conhecimento científico é provisório?”*” são apresentadas a seguir. Ambas têm como “plano de fundo” a verificação da tendência cumulativista e não cumulativista do conhecimento científico.

Tabela 9: Níveis de concordância a respeito das afirmativas apresentadas para a questão “*o conhecimento científico que possuímos atualmente é uma verdade que nunca será alterada?*”

Afirmativa	Relação de concordância	Quantidade (%)
1) Sim	Cumulativista	9,00
2) Não	Não cumulativista	91,0

Fonte: autoria própria.

A figura com os dados da tabela 9 é apresentado na figura 7, a seguir:

Figura 7: Gráfico de respostas para a questão “o conhecimento científico que possuímos atualmente é uma verdade que nunca será alterada?” das categorias epistemológicas cumulativistas e não cumulativistas propostas por Pombo (1998).

Fonte: autoria própria.

Tabela 10: Níveis de concordância a respeito das afirmativas apresentadas para a questão “você concorda com a afirmação: “todo conhecimento científico é provisório”?

Afirmativa	Relação de concordância	Quantidade (%)
1) Sim	Não cumulativista	77,0
2) Não	Cumulativista	23,0

Fonte: autoria própria.

A figura dos dados da tabela 10:

Figura 8: Proporção das respostas a questão *“você concorda com a afirmação: “todo conhecimento científico é provisório”?* relacionadas as categorias epistemológicas cumulativistas e não cumulativistas propostas por Pombo (1998).

Fonte: autoria própria.

Figura 9: Proporção das respostas a questão *“você concorda com a afirmação: “todo conhecimento científico é provisório”?* relacionadas as categorias epistemológicas cumulativistas e não cumulativistas propostas por Pombo (1998).

Fonte: autoria própria.

Mais uma vez a tendência não cumulativista do conhecimento científico é apontada a partir da análise das respostas dos alunos participantes. Desta forma, fica cada vez mais clara a evidência de uma concepção de ciência que não seja a única verdade do mundo, nem que todo o conhecimento científico seja irrefutável e imutável, especialmente se este atingir a verdade final das coisas. Esta concepção pode ser importante na tomada de decisões sobre a vida, por exemplo, quando analisamos sob a luz dos PCN+ (BRASIL, 2002), que exprimem a necessidade da formação para o aprendizado contínuo, ainda que após o período de educação formal. Ora, se um estudante tem a concepção de que o conhecimento é mutável, pode lhe ser mais fácil compreender a necessidade contínua do aprendizado, especialmente de conhecimentos científicos, pois estes se modificam com o passar do tempo e podem ser mais amplos ou completamente diferentes daqueles apresentados durante a educação escolar recebida anteriormente.

A questão *“existe algum conhecimento científico que podemos considerar como absoluto, isto é, que nunca mais será modificado? Escreva um pequeno texto explicando a sua resposta.”* a única deste questionário cuja resposta era discursiva, obteve em sua esmagadora maioria a concepção de que a lei da gravitação universal é um conhecimento científico imutável. Esta visão, apesar de contraditória com os resultados apresentados em nas tabelas 7, 8, 9 e 10, traz um elemento de importância na formulação das ideias sobre o saber: o conhecimento a respeito de elementos da história da ciência e do que é objeto de estudo, por exemplo, na física contemporânea. A física clássica (ou newtoniana) além da previsão determinística dos fenômenos, tem como relação entre a atração entre as massas a razão do surgimento da força gravitacional; em contrapartida, a física moderna, sobretudo a teoria da relatividade geral proposta por Albert Einstein em 1905 tem a gravidade como o resultado da deformação do espaço-tempo provocada pela presença de uma massa: quanto maior o valor desta massa, maior seria a deformação e conseqüentemente, a atração que uma massa exerceria sobre outra. A verificação experimental desta previsão teórica, inclusive, fora realizada em um eclipse solar total observado no Brasil em 1919. Desta forma, apesar de ter ocorrido quase 400 anos depois, o conceito de atração gravitacional teve uma ligeira mudança, o que por si só demonstraria o caráter provisório deste tipo de conhecimento.

As questões seguintes versavam sobre relação entre a ciência, o cientista e os fatores de influência para a realização de uma pesquisa científica. De fato, a última

categoria pombalina (POMBO, 1998) está relacionada como está inserida a autonomia de pesquisa dentro da prática científica.

Na tabela 10, a seguir, estão os resultados obtidos para a concordância com as afirmações para a o enunciado “*sobre o interesse do cientista em pesquisar determinado assunto, você afirmaria que:*”

Tabela 10: Concordâncias a respeito do internalismo e externalismo verificadas na questão “*sobre o interesse do cientista em pesquisar determinado assunto, você afirmaria que:*”

Afirmativa	Relação de concordância	Quantidade (%)
1) Um cientista não sofre influências de qualquer pessoa, grupo político ou autoridade ao definir o que irá pesquisar	Internalista	8,24
2) Um cientista sofre pressões relacionadas a interesses sociais e políticos, mas sempre caberá a ele decidir o que irá pesquisar	Internalista	20,0
3) Um cientista pode receber influências relacionadas com interesses sociais ou políticos e partir disso, definir aquilo que irá pesquisar	Externalista	63,52
4) Um cientista sempre realizará pesquisas relacionadas com os interesses políticos, econômicos e ideológicos da sociedade, independentemente de sua vontade	Externalista	8,24

Fonte: autoria própria.

Figura 8: Proporção das respostas ao enunciado: “sobre o interesse do cientista em pesquisar determinado assunto, você afirmaria que:”

Fonte: autoria própria.

Tabela 11: Concordâncias a respeito das influências que cientistas recebem ao realizarem suas pesquisas verificadas na questão: “a comunidade científica escolhe seu objeto de pesquisa a partir de interesses próprios, independentemente de sua urgência ou importância social?”

Afirmativa	Tendência de concordância	Quantidade (%)
1) Sim	Internalista	44,0
2) Não	Externalista	66,0

Fonte: autoria própria.

Figura 9: Gráfico dos dados da tabela 11, relativos à questão: “a comunidade científica escolhe seu objeto de pesquisa a partir de interesses próprios, independentemente de sua urgência ou importância social?”

Fonte: autoria própria.

Tabela 12: Concordâncias a respeito das influências que cientistas recebem ao realizarem suas pesquisas de acordo com as respostas ao enunciado: “em geral, você considera que a ciência e o trabalho do cientista:”

Afirmativa	Tendência de concordância	Quantidade (%)
1) São praticados de maneira independente dos interesses sociais ou políticos.	Internalista	32,9
2) Dependem dos interesses (de qualquer espécie) de um ou mais grupos sociais ou políticos.	Externalista	67,1

Fonte: autoria própria.

Figura 10: Proporção das respostas apresentadas na tabela 12 para o enunciado: *“em geral, você considera que a ciência e o trabalho do cientista:”*

Fonte: autoria própria.

Tabela 13: Tendências de pensamento epistemológico obtidas a partir da análise das respostas dadas ao enunciado: *“O cientista enquanto pessoa...” Marque a opção relacionada com a forma com a qual você completaria esta afirmação com a afirmativa:”*

Afirmativa	Tendência de concordância	Quantidade (%)
1) É alguém que não possui preferências ou interesses políticos ou ideológicos.	Internalista	12,9
2) É alguém que pode receber influências sociais, principalmente dos grupos sociais nos quais ele se insere, mas que é autônomo para decidir sobre a sua pesquisa.	Internalista	82,3
3) É alguém que é totalmente influenciada por concepções morais, religiosas ou políticas, independentemente da origem dessas influências.	Externalista	4,80

Fonte: autoria própria.

Figura 11: Gráfico dos dados reunidos na tabela 13:

Fonte: autoria própria.

Tabela 14: Tendências de pensamento epistemológico obtidas a partir da análise das respostas dadas ao enunciado: “Os institutos de pesquisa científica vinculados aos governos estaduais ou ao governo federal são criados para:”

Afirmativa	Tendência de concordância	Quantidade (%)
1) Atender especialmente as necessidades e desejos dos cientistas.	Internalista	5,00
2) Propiciar melhores condições de trabalho para os cientistas, de modo que estes possam produzir mais conhecimentos e beneficiar a população.	Externalista	33,0
3) Permitir que o conhecimento científico seja desenvolvido e aplicado de acordo com a necessidade de cada região ou país.	Externalista	48,0
4) Potencializar as capacidades de trabalho dos cientistas, de modo que eles possam desenvolver seus estudos naquilo que mais se interessarem.	Internalista	14,0

Fonte: autoria própria.

Figura 12: Gráfico dos dados reunidos na tabela 13:

Fonte: autoria própria.

Ao analisar os valores percentuais relacionados com as respostas dadas pelos alunos nas questões ou enunciados das tabelas 10, 11, 12, 13 e 14, foi perceptível verificar a presença da tendência do pensamento externalista acerca da prática científica. Diversos autores, como Kosminsky, Giordan (2002); Janerine e Leal (2009); Gil-Perez, et al. (2001), debatem a questão a respeito da visão da ciência e do cientista em seus trabalhos, denotando uma forte aspiração dos estudantes em caracterizar o cientista e o seu trabalho a partir de estereótipos sociais, como: o cientista sempre possui um jaleco, está em um laboratório e faz experimentos em tubos de ensaio; é quase sempre um sujeito muito inteligente e solitário. Não possível levantar, neste trabalho, se estes estereótipos são reforçados.

Contudo, é notável a existência de uma tendência externalista quanto as influências que o cientista sofre a respeito de seu trabalho. A visão do cientista como membro da sociedade sujeito a influências e a questões morais e ideológicas, em nossa interpretação, pode ser vista como uma percepção da ciência enquanto prática humana. Deste modo, levando-se em conta o que é defendido por Pierre Duhem – “a ciência não conhece geração espontânea” (OLIVEIRA, 2016) –, concluiu-se que a ciência por si só não pode evoluir sem a interação social entre cientistas e seus pares ou entre os cientistas e a sociedade. Ainda que os alunos eventualmente não conhecessem elementos profundos de epistemologia da ciência, acreditamos que

essa tendência externalista é corroborada justamente pelo ponto de vista deduzido dos alunos de que o cientista não age em favor próprio.

A seguir, apresentaremos os resultados obtidos para a presença dos níveis de cultura científica nos alunos pesquisados.

3.6 A identificação dos elementos da cultura científica nos alunos participantes

Como já discutido no capítulo 1, avaliar ou até mesmo mensurar o nível de cultura científica que uma determinada população possui não é uma tarefa trivial. Os indicadores propostos ao longo do tempo – como por exemplo, por Bybee (1995) e Miller (1974) – possuem características importantes para este tipo de levantamento; contudo, os meios para que se levanten tais elementos da cultura científica podem ser extensos e levar em conta elementos de conhecimento teórico em detrimento de elementos epistemológicos, políticos ou sociais da ciência (ALLCHIN, 2004; 2011; GODIN; GINGRAS, 2000).

Desta forma, desenvolver questionários (ou outra ferramenta de análise) para a verificação do nível de enculturação científica não é uma simples tarefa realizada a base de perguntas e respostas a respeito de conhecimentos teóricos ou sobre leis científicas. Assim, procurou-se elaborar um questionário cujas dados obtidos fossem relativamente fáceis de se analisar e que, ao mesmo tempo, abrangesse as três classes de cultura científica propostas no capítulo 1.

O questionário aqui analisado era composto por 64 questões cujas respostas poderiam ser dadas sob forma de alternativa, escala Lickert ou texto dissertativo, a depender do objetivo que a pergunta teria dentro de nossa investigação. Procurou-se analisar as respostas sob um conjunto e não apenas individualmente, de modo a se verificar a presença de elementos de cultura científica de cada uma das três classes propostas à medida em que eles poderiam ser identificados como um todo; no decorrer da aplicação do questionário, verificou-se que algumas questões poderiam ser repetitivas ou coletariam dados que não teriam sentido diante dos objetivos desta pesquisa.

3.6.1 Breve análise social e do interesse dos alunos sobre temas científicos

A primeira seção do questionário “Identificação de elementos da cultura científica em alunos do ensino médio” continha 23 perguntas distribuídas em temas

relacionados ao caráter socioeconômico e cultural dos participantes e de seus interesses acerca de temas relacionados com os conhecimentos científicos de áreas da biologia, engenharia, física, geografia e química. O objetivo ao elaborar este questionário era ter uma noção do público com o qual os resultados seriam colhidos e analisados e, a partir destes traçar estratégias para a posterior discussão sobre os textos de divulgação científica durante as aulas.

Em termos sociais, os resultados obtidos com as 85 respostas coletadas por este questionário foram estes:

- A maior parte dos alunos (95% do total) encontra-se na faixa etária compreendida entre os 15 e 16 anos completos. Nenhum dos alunos afirmou ter idade igual ou superior a 18 anos, enquanto 1% possui menos de 14 anos e 4% declararam ter 17 anos de idade. A partir destes dados, foi possível inferir que a grande maioria dos alunos pesquisados estão dentro da relação entre a idade e a série esperada para os alunos matriculados nos 1º e 2º anos do ensino médio.
- Todos os alunos possuem smartphone, sendo 67% usuários do sistema Android e 32% utilizam o sistema iOS e 1% possuem smartphone com outro tipo de sistema operacional. O conhecimento a respeito deste dado pode ser auxiliar de grande valia, especialmente ao se adotar alguma TDIC como forma de aplicar textos ou outras ferramentas de divulgação científica.
- Três em quatro alunos (75%) estudaram todo o período relativo ao ensino fundamental em escolas privadas, enquanto 21% estudou em escolas públicas e privadas no decorrer da formação fundamental e apenas 4% estudou todo este período em escolas públicas. Estas informações, relacionadas com outras que serão discutidas a seguir, permitiram traçar estratégias mais próximas aos níveis de capital cultural e de acesso à informação que os alunos poderiam possuir.
- Os alunos declararam possuir em média – excluindo-se os livros didáticos e apostilas utilizadas durante as aulas – 26 livros em suas residências. Este

valor é próximo ao obtido pela pesquisa “Relatos da leitura no Brasil”, realizada em 2012³⁹.

- A maioria dos pais e mães dos alunos possuem ensino superior completo (51,3% e 47,4 %, respectivamente). O segundo nível de formação dos pais e mães dos alunos é o ensino médio completo, com 27,6% e 28,9%, respectivamente.
- Todos os alunos declararam acessar conteúdos, ao menos uma vez por dia, disponíveis em meios de comunicação em massa, como internet, televisão, rádios. Evidentemente, a internet é o meio preferido: 81% dos alunos utilizam este meio como elemento de informação e de disseminação do conhecimento.

A despeito de pesquisa de materiais sobre ciência em sites ou outras plataformas especializadas em textos de divulgação científica e dos interesses sobre temas das áreas científicas, as seguintes respostas foram obtidas:

- Cerca de 63% dos alunos participantes declararam ler informações relacionadas com divulgação científica. Destes, 72% declararam acessar este tipo de conteúdo pelo menos uma vez por semana. Embora até o momento de aplicação do questionário não tivéssemos discutido os elementos e a forma de um texto de divulgação científica (e deste modo, não conseguir identificar **o que** os estudantes consideravam como texto de divulgação científica), o resultado chama a atenção para a possível oportunidade de se aplicar este tipo de material como fonte de discussão em sala de aula, ao mesmo tempo que abre um espaço para o diálogo a respeito de fontes confiáveis, especialmente aquelas que tratam do conhecimento científico.
- As discussões sobre a ciência são presentes nas conversas com amigos fora do ambiente escolar de 62% dos entrevistados.

³⁹ De acordo com a pesquisa “Relatos da leitura no Brasil”, de 2015, o número médio de livros nas residências brasileiras era de 34 exemplares, conforme: INSTITUTO PRÓ-LIVRO (IPL). **Retratos da Leitura no Brasil: 4ª Edição**. 2015. Disponível em: http://prolivro.org.br/home/images/2016/Pesquisa_Retratos_da_Leitura_no_Brasil_-_2015.pdf. Acesso em: 19 fev. 2018.

Dos 85 alunos que responderam a este questionário, 14% declararam não conhecer os conteúdos dos sete títulos de divulgação científica impressa que circulam em todo o território nacional. Não se investigou a razão deste desconhecimento, embora não seja suspeito relacioná-lo com a falta de hábito de leitura do brasileiro (INSTITUTO PRÓ-LIVRO, 2015); afinal, quando indagados sobre a leitura de livros de divulgação científica ou de biografias de cientistas, 67% dos entrevistados afirmaram que nunca leram um livro de divulgação científica, enquanto 83% não leram nenhum livro biográfico sobre qualquer cientista. Neste sentido, as questões 20 e 21 tinham como objetivo levantar dados sobre o conhecimento e possíveis influências que instituições de pesquisa científica ou cientistas tinham na “vida digital” dos alunos, ou seja, procurou-se levantar dados para verificar se os estudantes mantinham algum contato com institutos de pesquisa ou com cientistas como parte integrante de seus ciclos de interesse em redes sociais. Dos 85 alunos participantes, 23 (ou aproximadamente 27% do total) seguia algum cientista ou instituição de pesquisa científica em suas redes sociais. Deste total, 19 alunos escreveram o nome de ao menos um cientista⁴⁰, cuja frequência é apresentada na tabela a seguir:

Tabela 15: Respostas e respectivas frequências de citação dos alunos quanto a quem seguem em redes sociais.

Respostas	Quantidade de citações
Iberê Thenório (Apresentador do canal de divulgação científica no <i>YouTube</i> “Manual do Mundo”)	12
Mayim Bialik (Neurocientista e atriz norte-americana)	1
Michio Kaku (Físico e divulgador científico japonês)	1
Neil DeGrasse Tayson (Astrofísico norte-americano)	5
Pedro Loos (Apresentador do canal de divulgação científica no <i>YouTube</i> “Ciência Todo Dia”)	1
Richard Rasmussen (Biólogo e apresentador de televisão)	1
Stephen Hawking (1942 – 2017) (Astrofísico britânico)	4

Fonte: dados da pesquisa.

⁴⁰ Os alunos poderiam escrever o nome de quantos cientistas conseguissem recordar o nome, ainda que a grafia não estivesse correta.

Quanto a seguirem conteúdos de divulgação científica em páginas de redes sociais administradas por instituições de pesquisa científica, apenas catorze alunos citaram algum nome. Destes, três participantes citaram corretamente o nome de uma instituição científica: a NASA (como é conhecida a *National Aeronautics and Space Administration* ou Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço, em tradução livre). Além da NASA, o Instituto Ciência Hoje, ICH, “(...) é uma organização privada, sem fins lucrativos, voltada à divulgação científica no Brasil” (INSTITUTO CIÊNCIA HOJE, 2019) foi citada uma vez, embora o ICH não seja uma instituição voltada à pesquisa científica em si. Outro participante citou a revista Superinteressante (Editora Abril), que não se refere sequer a uma revista publicada por alguma instituição de pesquisa científica.

Se estes resultados já trariam apontamentos importantes acerca do desenvolvimento do conhecimento institucionalizado da ciência (Classe I) e das implicações sociais do conhecimento científico, faz-se aqui o acréscimo de mais um dado de relevância aos propósitos desta pesquisa: três páginas publicadas no *Facebook* e que tem como temática a publicação de curiosidades sobre temas relacionados com a ciência e a tecnologia, mas sem discuti-los em profundidade foram citadas por nove pessoas (das catorze que responderam a esta questão com algum nome de instituição de pesquisa científica) citaram as páginas: “Fatos Desconhecidos”, “Mistérios do Espaço” e “Você Sabia” como páginas cujos conteúdos eram publicados por instituições de pesquisa. Deste modo, há de se supor que os alunos não conhecem, de fato, o significado do termo “instituição de pesquisa científica” ou não conseguem diferenciar conteúdos de divulgação científica de conteúdos de entretenimento, cujos propósitos são diferentes – embora o segundo tenha a audiência do público maior do que a do primeiro.

3.6.2 O conhecimento epistemológico e institucional da prática científica

As 41 questões restantes foram distribuídas nas seções seguintes do questionário “Identificação de elementos da cultura científica em alunos do ensino médio”. Nestas seções – numeradas ao invés de títulos atribuídos para evitar eventuais direcionamentos de resposta – procurávamos identificar quais elementos das Classes II e III de elementos característicos da cultura científica estariam presentes na cognição dos alunos.

A respeito do conhecimento das instituições de pesquisa brasileiras, pediu-se aos alunos que indicassem o nível de conhecimento (entre “nada conheço” e “conheço bastante”) sobre vinte instituições relacionadas com desenvolvimento científico brasileiro, conforme a tabela 16. Optou-se pelas siglas, ao invés de seus significados, por dois motivos: ter indícios da profundidade do conhecimento sobre instituições científicas e para diminuir o tempo de resposta do questionário, evitando erros de interpretação ou a desistência dos alunos em ler e respondê-lo. Os resultados deste levantamento estão apresentados nas figuras 13 e 14, logo a seguir.

Tabela 16: Instituições e nível de conhecimentos declarados pelos alunos.

Instituições	Nível de conhecimentos (em %)		
	Nada conheço	Pouco conheço	Conheço bastante
ABC	43,6	46,2	10,3
AEB	14,4	20,5	5,10
CAPES	69,2	23,1	7,70
CNEN	71,8	25,6	2,6
CNPq	74,4	15,4	10,3
DCTA	71,8	23,1	5,10
EMBRAPA	38,5	48,7	12,8
FAPESP	43,6	38,5	17,9
FIOCRUZ	76,9	23,1	0,00
IBGE	5,10	17,9	76,9
IPHAN	63,4	29,3	7,30
IMPA	51,2	31,7	17,1
INMET	70,7	26,8	2,40
Instituto Butantã	22,0	41,5	36,5
Instituto Adolfo Lutz	65,9	26,8	7,30
INPE	51,2	39,0	9,80
IPEM	70,7	17,1	12,2
ITA	19,5	34,1	46,3
LNA	78,0	22,0	0,00
PROANTAR	80,5	17,1	2,40

Fonte: dados da pesquisa.

Figura 13: gráfico do nível de conhecimento dos alunos a respeito das instituições de pesquisa apresentadas na tabela 16 (entre ABC e IBGE)

Fonte: autoria própria.

Figura 14: gráfico do nível de conhecimento dos alunos a respeito das instituições de pesquisa apresentadas na tabela 16 (entre Iphan e ProAntar)

Fonte: dados da pesquisa.

Os resultados apresentados nas figuras 13 e 14 indicam que a Classe I “conhecimento institucionalizado da ciência” não fora completamente desenvolvida pelos alunos pelo menos até o momento da aplicação dos questionários. As instituições listadas têm relação direta com o desenvolvimento científico e tecnológico brasileiro. Além disso, instituições como o DCTA, INMET, INPE e ITA estão localizadas geograficamente próximas as cidades onde residiam os alunos que

participaram desta pesquisa. Desta forma, o nível de conhecimentos declarados sobre as instituições apresentou um resultado aquém daquilo que era esperado no início da pesquisa e indicaria, a priori, a necessidade de se discutir a existência, os objetivos e os papéis dessas instituições em âmbito de sala de aula.

Ainda sobre os elementos característicos da cultura científica da Classe I apresentados no primeiro capítulo, os alunos apresentaram a tendência de um considerável desconhecimento a respeito de como se dá a prática científica e como o trabalho científico acontece e é divulgado.

Ao responder se já leram em algum momento um artigo científico, 78% dos alunos responderam “sim”, enquanto 22% assinalaram o “não”. É uma proporção considerável, sobretudo quando se leva em conta a média de idade e o nível de ensino em que os alunos se localizavam – neste caso, o ensino médio. Entretanto, ao serem questionados sobre meios em que os artigos científicos são debatidos pelos cientistas, houve uma espécie de polarização entre “seminários” e “em reportagens em sites especializados”: cada uma foi citada por 22,4% dos alunos. É provável que este resultado reflita, de certa forma, o nível de formação da Classe I dos elementos característicos da cultura científica, especialmente pelo desconhecimento das formas de comunicação científica (elemento 2) e do conhecimento sobre os modelos de popularização do conhecimento científico.

Outro dado que nos indica a situação discutida foi analisado nas respostas dadas a questão que pedia aos alunos que escrevessem o nome de uma revista científica. Esta questão permitiria, em um primeiro momento, identificar a presença de elementos relacionados com as Classes I e III, especialmente dos elementos 1, 2 e 6 da Classe I e dos elementos 1, 2 e 7 da Classe III. As respostas continham nomes de revistas jornalísticas, como a revista Carta Capital (Editora Confiança) e, principalmente revistas de **divulgação do conhecimento científico**, como as revistas “Galileu” (Editora Globo) e Superinteressante (Editora Abril). Nenhuma revista científica – chamada de periódico no jargão científico – foi citada pelos 25 alunos (equivalente a 29,4% do total de alunos participantes).

Especificamente sobre o conhecimento epistemológico da ciência, a respeito dos termos “pseudociência”, “protociência”, “ortociência”, lhes foi perguntado quais desses termos eles estavam familiarizados: 60% dos alunos conheciam o significado do termo “pseudociência”, enquanto “protociência” e “ortociência” eram conhecidos por 6% do total de entrevistados e 22,9% dos alunos não conheciam o significado de

nenhum dos três termos apresentados. Ainda que estes termos sejam ligados a filosofia da ciência, eles são essenciais para compreender e tomar decisões cotidianas conscientes em tratamentos médicos, tomada de decisões políticas e em análises e na tomada de decisões pessoais. Seria um problema, por exemplo, a tomada de decisões conscientes sobre a adoção de um ou outro tratamento farmacológico e homeopático sem o conhecimento do significado do termo “pseudociência”.

Além disso, 88% dos alunos afirmaram desconhecer o papel de uma agência de fomento e 93% não conhecem a existência ou os objetivos da Plataforma Lattes, o que nos indica a ausência de grande parte dos elementos de cultura científica das Classes I e III.

O conhecimento científico e as relações socio-históricas que dele deriva foram abordados especificamente em duas questões. A questão 35 (vide Apêndice A) apresentava nove descobertas científicas e pedia para que os alunos marcassem qual (ou quais) delas foram realizadas por cientistas brasileiros (as nove alternativas eram corretas, ou seja, foram feitas por cientistas que nasceram no Brasil). As distribuições percentuais das respostas são apresentadas na tabela 17:

Tabela 17: Distribuição percentual de respostas para descobertas científicas realizadas por cientistas brasileiros

Alternativas apresentadas no questionário	Distribuição percentual em relação ao total de alunos participantes (%)
O soro antiofídico	26,2
A doença de Chagas	59,2
A bradicinina	9,52
O méson pi	0,00
A fixação biológica do nitrogênio	2,38
A variação no brilho de Eta Carinae	7,14
A relação entre a infecção pelo zika vírus e a microcefalia	76,2
Métodos de contagem de neurônios em seres humanos	4,76
O etanol produzido a partir da cana de açúcar	61,9
Nenhuma delas	2,38

Fonte: autoria própria.

É interessante notar que descobertas científicas mais recentes ou cuja aplicação no cotidiano se faz mais evidente, caso do etanol produzido a partir da cana de açúcar e da relação entre a infecção pelo zika vírus e a microcefalia possui maior porcentagem em relação as demais. Exceto a doença de Chagas – cujo próprio nome pode induzir a afirmar que ela fora descoberta por um brasileiro – e do soro antiofídico, todas as alternativas obtiveram menos de 10% de indicação como sendo realizadas por cientistas do Brasil. O desconhecimento socio-histórico da ciência, especialmente da ciência brasileira, fica ainda mais evidente quando apenas 4,76% os alunos indicaram que os métodos de contagem de neurônios em seres humanos, desenvolvido pela neurocientista brasileira Suzana Herculano-Houzel era uma descoberta realizada por uma cientista brasileira.

Em outra questão, foi pedido aos alunos que escrevessem o nome de um cientista nascido em qualquer cidade da RMVale. Não foi pedido que o cientista escolhido tivesse realizado uma descoberta importante, embora fosse esperado que

o nome escolhido fosse obtido a partir deste critério. Dos 85 alunos que responderam a esta questão, 7 deles citaram os nomes de: Oswaldo Cruz (médico sanitarista nascido em São Luiz do Paraitinga) e um citou o nome de Nilton [de Oliveira] Rennó (geofísico espacial nascido em São José dos Campos). O restante dos alunos respondeu com “não sei” ou “não lembro”.

A compreensão das implicações do conhecimento científico no cotidiano que os alunos possuíam foram mensuradas em questões abertas e fechadas. A primeira delas procurou levantar dados sobre a visão dos conhecimentos científicos na sociedade. Cerca de 52 alunos assinalaram “sim” para a existência de conhecimentos científicos que podem ser maléficos ou benéficos para a sociedade, a depender de seu uso, enquanto 26 alunos negaram essa possibilidade. Outros 7 alunos responderam “não sei” e nenhum deles assinalou a alternativa “prefiro não responder”.

A questão seguinte pedia para que os alunos que responderam “sim” à pergunta anterior citassem um exemplo de conhecimentos científicos que, ao serem aplicados, poderiam trazer benefícios ou malefícios para a sociedade. Assim, das 52 respostas dadas, 43 citaram a radioatividade ou energia nuclear; 12 citaram os agrotóxicos; duas respostas citaram as armas biológicas e uma cita o uso de drogas (provavelmente se referindo a entorpecentes como a maconha e o uso do tetrahydrocannabinol (THC) e do canabidiol (CBD) em tratamentos médicos).

Por fim, verificou-se a capacidade dos alunos em reconhecer símbolos e o conhecimento científico associado a eles. Para isso, foram selecionados sete símbolos cujos significados estão listados na tabela 18, abaixo:

Tabela 18: relação de imagens apresentadas a questão: “de acordo com os seus conhecimentos, onde seria mais provável encontrarmos este símbolo? Qual ou quais conhecimentos científicos estão relacionados a ele? Por que é importante a disponibilização deste aviso?”

Símbolo utilizado	Nome e significado do símbolo	Conhecimentos científicos básicos relacionados
Trifólio. Indica perigo pela presença de elementos radioativos no ambiente.	Radioatividade, biologia celular (DNA e mutação); átomos e seus constituintes; extração e depósito de substâncias radioativas.
Presença de ingredientes ou de alimentos geneticamente modificados.	Genética; DNA; átomos; produção industrial e sistemas econômicos.
Risco biológico. Indica a presença de risco a saúde por contaminação biológica	Vírus, bactérias, transmissão de doenças infecciosas e infectocontagiosas.
Risco de choque elétrico. Indica o risco de choque elétrico ao tocar uma superfície condutora de energia elétrica.	Corrente elétrica; condutores e isolantes elétricos; circuito elétrico; fisiologia humana e sistema nervoso central.
Substância corrosiva (classe 8). Indica a possibilidade de servos danos quando em contato em tecidos vivos.	Ácido; escala de pH; meio ambiente; tecidos vivos.
Substância inflamável. Indica risco de incêndio de material inflamável.	Combustíveis; formas de extinção do fogo; formas de propagação do calor.
Risco de morte pela presença de materiais explosivos.	Energia; reações químicas e liberação de energia; transformação de energia.

Fonte: UNIFESP, 2008.

As respostas para esta questão foram escritas pelos próprios alunos, em campo específico a cada uma das imagens. Desta forma, os alunos teriam, *a priori*, maior liberdade para elaborar as suas respostas, de modo que as análises pudessem levar em conta o nível de conhecimento científico de envolvido em cada símbolo, além dos conceitos científicos que os alunos sugerem como aplicáveis em cada caso.

A respeito da primeira imagem, o trifólio, cabe ressaltar que ela é um dos símbolos de segurança mais conhecidos do público, tendo em vista as discussões sobre o uso e as aplicações da radioatividade apresentadas em vários meios de comunicação e de entretenimento. Das 85 respostas registradas, 83 (ou 98% do total) relacionaram corretamente o símbolo com o seu significado. Aproximadamente 89% das respostas traziam como local de exposição do símbolo áreas de usinas nucleares ou de testes com bombas atômicas; mas nenhuma resposta relacionou, explícita ou implicitamente, conhecimentos relacionados aos átomos ou ao DNA, por exemplo, aos efeitos biológicos da radioatividade ou das proporções dos acidentes radiológicos.

A segunda imagem, que representa o símbolo da presença de transgênicos nos alimentos ou em rações de animais, foi reconhecida por 61 dos 85 alunos que registraram as suas respostas que associaram corretamente o símbolo ao seu significado. Grande parte dos alunos registrou que o símbolo poderia ser encontrado em embalagens de salgadinhos ou de bolachas recheadas. Entretanto, menos da metade dos alunos citou conhecimentos científicos relacionados com o tema.

Com relação a terceira imagem, 58 alunos registraram corretamente o significado do símbolo. Embora a proporção de respostas sobre onde o símbolo poderia ser encontrado tenha sido ligeiramente menor do que a dada para o símbolo da radioatividade – e partindo do princípio que o apelo a esta imagem é tão grande quando aquela que simboliza a presença de materiais radioativos – as respostas dadas foram mais elaboradas sob o ponto de vista conceitual. Ao menos dez alunos citaram a presença deste símbolo em locais de coleta de materiais biológicos (ou laboratórios); houve também a menção ao termo “risco patológico” e a prevenção de contaminação e do desenvolvimento de infecções.

A quarta imagem foi corretamente conceituada por todos os 85 alunos que responderam ao questionário. Entretanto, apenas 69 alunos relacionaram corretamente o seu significado; 79 alunos escreveram que este símbolo estaria

localizado em pontos de alta tensão ou por onde circula grande quantidade de corrente elétrica.

A quinta imagem fora corretamente associada ao seu símbolo por 72 alunos, embora o conceito de corrosividade ligada a acidez ou basicidade de uma substância não tenha sido citado por 81 alunos. Os alunos ainda citaram que este símbolo poderia ser encontrado em indústrias químicas, em laboratórios e em embalagens de produtos químicos.

Quanto a sexta imagem, foi possível verificar que todos os alunos conseguiram identificar corretamente o símbolo em relação a seu significado e nos locais onde possivelmente poderíamos encontrar este símbolo. Entretanto, apenas 7 alunos indicaram os conceitos científicos envolvidos na compreensão do fogo ou de substâncias inflamáveis.

A sétima imagem, também muito conhecida no imaginário popular, foi relacionada com o seu significado por 82 alunos, que a significaram como sendo um aviso para “risco de morte”. Entretanto, nenhum aluno associou o significado completo da mensagem – risco de morte pela presença de explosivos. Por esta razão, nenhum dos 22 alunos que apresentou ao menos um conceito científico relacionado com a presença do símbolo, o fez corretamente. Mas chamou a atenção a associação que o símbolo teve quanto a sua utilização por cientistas, que pode ser simbolizada pela resposta dada pelo aluno OB203⁴¹: *“significa símbolo de perigo, ele é usado pelos cientistas para experimentos ou produtos de altos risco, algo muito perigoso, indica algo que possa ser mortal e levar à morte”* (grifo meu).

A identificação das tendências epistemológicas de natureza da ciência nos alunos investigados mostrou-se uma atividade de grande importância para fundamentar o planejamento das atividades em sala de aula. Numa visão geral apoiada na análise dos resultados do questionário “tendências epistemológicas de natureza da ciência em alunos do ensino médio” foi possível indicar que:

⁴¹ Recordemos que este código se refere ao aluno da escola EOM, matriculado na 2ª série do ensino médio, conforme explicitado no item 3.4 deste trabalho.

- 1) A tendência de pensamento quanto a extensão de métodos da ciência em relação às disciplinas do conhecimento científico é a **epistemologia geral ou generalista**. Esta visão epistemológica auxilia no reconhecimento da interdisciplinaridade do conhecimento científico e, a priori, deveria auxiliar também na compreensão de que outras áreas do conhecimento, além das ciências exatas, também são disciplinas científicas.
- 2) Quanto à evolução do conhecimento científico, os alunos tendem a compreendê-lo como resultado do contínuo acúmulo de conhecimentos, caracterizada pela **tendência continuísta** verificada nas categorias epistemológicas de Pombo (1998).
- 3) A aproximação do conhecimento científico da verdade verificada nas tendências de pensamento é o **não comulativismo**, que propõe que um conhecimento científico não é, necessariamente, mais verdadeiro do que o anterior e tampouco torna-se mais próximo da verdade a medida em que evolui.
- 4) Ao contrário do que se esperava quanto a relação entre o cientista e a sociedade, os alunos tendem a reconhecer que o cientista não é alguém neutro diante dos interesses e das necessidades sociais, classificando o trabalho e a prática científica como **externalistas**.

Não existem tendências epistemológicas mais ou menos corretas. Os métodos da ciência nos trazem características gerais para a validade de uma teoria científica. Desta forma, ao se levantar esse tipo de informação junto aos alunos, deve-se ter em mente que as tendências são norteadoras dentro daquilo que o docente espera como resultado de sua ação dentro das relações de ensino e de aprendizagem. Se um docente espera discorrer, por exemplo, sobre a importância da ciência para a sociedade e de como é o trabalho de um cientista, é necessário conhecer as tendências de pensamento sobre este assunto e, a partir daí, traçar a sua estratégia metodológica de modo a promover no aluno o auto reconhecimento da insuficiência de seus conhecimentos ou concepções, especialmente quando este possuir uma tendência de pensamento internalista. Não se trata de implicar o trabalho docente sob aspectos puramente ideológicos, mas sim, de caminhar a partir deles para a formação

de um sujeito capaz de analisar e tomar decisões conscientes para si e para a sociedade que o cerca.

Além disso, há outras considerações importantes a serem feitas. A primeira delas é a que os elementos característicos de cada classe não se encerram em si mesmo, ou seja, estão entrelaçados e somente em conjunto formam, de fato, cada uma das três classes de elementos da cultura científica. A segunda consideração a ser feita é que este tipo de classificação serve como uma direção para o trabalho docente e não é definitiva quanto aos conhecimentos conceituais e tampouco revela incompletudes conceituais. Desta forma, a terceira e última consideração a ser feita é que as direções do trabalho docente embasadas na orientação obtida a partir da análise dos resultados para a presença dos elementos da cultura científica deve ser tomada de tal forma a desenvolver a maior quantidade de elementos característicos de cada uma das três classes. A proposta é que essas classes sejam desenvolvidas durante a rotina de sala de aula e não apenas em uma atividade específica. O modelo de sequência didática apresentado na seção 4.4 e no Apêndice B contém os direcionamentos relacionados com os referenciais desta pesquisa no desenvolvimento de elementos da cultura científica dos alunos envolvidos neste trabalho.

Quanto aos elementos característicos da cultura científica, ficou evidente, após a análise das respostas coletadas por meio do questionário eletrônico, que nenhuma das três classes encontrava-se desenvolvida nos alunos pesquisados. Embora sejam sujeitos ainda em formação escolar, era esperado que alguns elementos de cultura científica estivessem presentes, ainda que parcialmente; entretanto, não foi isto que foi observado na prática.

A Classe I, conhecimento institucionalizado da ciência, não possui nenhum dos seis elementos propostos desenvolvidos em pelo menos a maioria simples dos alunos pesquisados. A comunicação científica, por exemplo, foi constantemente confundida com divulgação científica, embora sejam atividades com objetivos e métodos distintos. E as instituições de pesquisa científica, que estão há décadas presentes na região metropolitana do Vale do Paraíba, Litoral Norte e Serra da Mantiqueira, pouco foram citadas pelos alunos, indicando o pouco desenvolvimento dos elementos 3 e 4.

A Classe II, apreensão do conhecimento científico, apresentou resultados que indicam que os alunos pouco conseguiam relacionar o conhecimento científico a situações em que era necessário analisar informações – como por exemplo, nas

respostas relacionadas as questões das placas de segurança, em que poucos alunos conseguiram, de fato, apontar quais conhecimentos científicos se relacionavam com as advertências sinalizadas. Daqui interpretamos o que Godin e Gingras (2000) defendiam como “apreensão de uma quantidade mínima aceitável de conceitos científicos”: é a quantidade suficiente para que determinada informação ou fenômeno seja compreendido de forma a tomar decisões conscientes sobre ele. Ora, se não há a apreensão desta quantidade mínima nem se consegue contextualizá-lo, a apreensão do conhecimento científico falhou – e ainda há o risco de se incorrer no “culto mágico” criticado por Manacorda (VALE, 2009). De forma similar, o conhecimento dos elementos históricos da ciência mostrou-se razoavelmente pequeno em grande parte dos alunos, que em sua maioria, não conseguiu citar o nome de um cientista nascido na RMVale, nem identificar a autoria de descobertas científicas realizadas por cientistas brasileiros.

A despeito da classe 3, implicações sociais do conhecimento científico, ficou evidente que elementos-chave, como os elementos 1, 4 e 7, não foram plenamente desenvolvidos. A dificuldade já discutida a respeito da análise de informações técnicas, bem como a utilização de materiais de divulgação científica na socialização do conhecimento científico estão aquém do que se esperaria para um aluno de nível médio quando a sua formação é comparada com os objetivos dos PCN+ (BRASIL, 2002) – especialmente quando alguns elementos de outras classes, como os elementos 2 e 4 da Classe I e 2 e 5 da Classe II não estão, em nossa visão, desenvolvidos plenamente.

Não fora realizada a tentativa específica de identificação de cada um dos elementos característicos das três classes da cultura científica propostos para este trabalho. Esperava-se que, a partir das respostas dissertativas, obtivéssemos indicações do desenvolvimento de um ou outro elemento que não fora objeto de análise específica no questionário “identificação de elementos da cultura científica de alunos do ensino médio”. Entretanto, nossa proposta aponta que a cultura científica é plenamente desenvolvida quando todos os elementos de cada uma das classes estão presentes nas respostas (ou nas atitudes) relacionadas ao ensino e a aprendizagem de conceitos científicos.

Por fim, aplicar métodos baseados em visões epistemológicas diferentes daquelas que os alunos tendem a possuir precisa ser avaliado com cuidado para que não haja o reforço de crenças ou de concepções espontâneas e para que possa

ocorrer algum processo de interação entre as zonas de desenvolvimento (Vygostsky, 2007) nas relações de sala de aula.

3.6.3 Os alunos e o uso de materiais de divulgação científica em sala de aula

O questionário aplicado ainda procurou levantar dados a respeito da disponibilidade e do uso de materiais de divulgação científica que foram notados pelos alunos ao longo dos anos de sua formação. Os dados obtidos estão relacionados na tabela 18, a seguir:

Tabela 18: Relação de perguntas e de respostas de alunos sobre o uso de materiais de divulgação científica ao longo de sua formação escolar.

Perguntas	Respostas (%)		
	Sim	Não	Não sei
Seus professores já utilizaram textos publicados em revistas, jornais ou sites, que aprofundavam ou explicavam temas científicos discutidos durante as aulas?	93	7	-----
Seus professores já utilizaram vídeos publicados na internet, que aprofundavam ou explicavam temas científicos discutidos durante as aulas?	95	5	-----
Algun professor já lhe deu orientações de como e onde checar a veracidade de informações?	90	10	-----
Algun professor já lhe indicou um autor ou produtor de conteúdo (em sites, blogs, redes sociais) que divulga a ciência?	83	2	15
Sua escola possui acervo com revistas e livros de divulgação científica?	14	24	62
Sua escola assina ou recebe periodicamente revistas de divulgação científica?	5	38	57
Você acha que a escola discute de maneira satisfatória descobertas científicas e tecnológicas ou fenômenos naturais de grande repercussão?	55	45	-----
Você já leu ou utilizou durante as suas aulas algum material (como textos, vídeos e imagens) produzidos por alguma instituição brasileira de pesquisa científica?	76	24	-----
Você já leu algum material (como textos, vídeos e imagens) produzidos por alguma instituição brasileira de pesquisa científica relatando as pesquisas desenvolvidas por ela?	69	31	-----

Fonte: autoria própria.

Foi possível concluir, a partir das respostas registradas pelos alunos (ver tabela 18), que o uso de materiais de divulgação científica é algo típico nas salas de aula. Entretanto, o acesso dos alunos a estes materiais fora das salas de aula é uma questão a ser repensada. As duas escolas nas quais esta pesquisa fora aplicada possuem bibliotecas abertas e com exemplares de livros e de revistas de divulgação científica disponíveis aos alunos; estes, por sua vez, afirmaram “não saber” se a escola possuía ou disponibilizava por qualquer meio este tipo de material. A partir disto, inferimos que o hábito de leitura deste tipo de material não é incentivado enquanto ferramenta didática. Afinal, 45% dos alunos indicaram que consideram que a escola não discute adequadamente assuntos atuais ou de impacto em sala de aula. Como já discutido no capítulo 2, o uso deste tipo de material pode ser útil não apenas para reforçar algum conceito ou ampliar as concepções espontâneas de modo a aproximá-las das concepções epistemológicas, isto é, dos conhecimentos aceitos como científicos pela comunidade acadêmica. Entretanto, este tipo de material deve ser disponibilizado ou utilizado em sala de aula de forma a complementar o ensino e a fomentar o interesse por determinado conhecimento; desta forma, é importante que livros de divulgação científica sejam disponibilizados e até entrem nas listas de leitura que as escolas aplicam todos os meses como forma de avaliação.

Outro resultado que nos chama a atenção é a possível “confusão” a respeito dos materiais de divulgação científica produzidos por instituições de pesquisa e aqueles produzidos por outras fontes, como revistas, sites ou jornais. A maior parte dos alunos cujas respostas foram analisadas afirmaram que já utilizaram materiais de divulgação da ciência produzidos por essas instituições; entretanto, quando questionados a respeito das instituições de pesquisa científica que eventualmente conheciam, poucos foram aqueles que assinalaram possuírem algum conhecimento sobre elas (vide os resultados apresentados na tabela 16). Este resultado nos sugere que, de fato, os alunos pouco conheciam a respeito das instituições de pesquisa científica e associaram textos (ou outros materiais) de divulgação científica, como reportagens, documentários e até filmes como sendo produzidos exclusivamente por instituições de pesquisa científica. Isto nos foi reforçado durante as observações de campo realizadas pelo professor-pesquisador enquanto aplicava os questionários: em geral, os alunos da escola ETM tendiam a discutir, após o término do preenchimento dos questionários, se os textos que eles utilizaram nas últimas aulas de produção de texto eram textos de divulgação científica produzidos pelo INPE; na realidade, o texto

era uma reportagem de 2018 que noticiava o corte de verbas pelo governo federal ao Instituto para o fomento as pesquisas sobre o desmatamento da Amazônia brasileira⁴²⁴³. Já os alunos da EOM demonstraram, durante as observações de campo, não reconhecer como material de divulgação científica produzidos pelo INPE as cartilhas obtidas durante a visitação ao Instituto ocorrida no ano letivo anterior como parte de um projeto educacional interdisciplinar. Curioso notar que, embora geograficamente mais próximo dos principais institutos de pesquisa da RMVale, os alunos da EOM apresentaram, em média, os mesmos resultados quanto ao conhecimento e ao uso dos materiais de divulgação científica obtidos com os alunos da ETM. Isso nos indica duas possibilidades: o nível de desinformação cultural sobre a ciência não tende a ter relação com a proximidade geográfica com um ou mais instituto de pesquisa científica; e os materiais de divulgação científica não são apresentados dentro do contexto de sua produção, e sim, daquilo que oferecem em termos de introdução ou de aprofundamento conceitual. Isso sugere que as visitas de campo, especialmente aos institutos de pesquisa científica, deve ser algo a ser colocado no horizonte de possibilidades pedagógicas dos docentes e do corpo gestor das escolas.

3.7 A seleção dos textos de divulgação científica

A partir das revisões teóricas e dos resultados a respeito das tendências epistemológicas e dos elementos da cultura científica obtidos na análise das respostas dos questionários, foram realizadas pesquisas na base de dados no portal de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), em *sítes* de instituições de pesquisa científica, como o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Rede Sismológica Brasileira (RSBR), Agência Espacial Brasileira (AEB), Sociedade Brasileira de Física (SBF) e a Sociedade Brasileira Para o Progresso da Ciência (SBPC) e em sítios de revistas ou portais de divulgação científica em língua portuguesa, como os da Revista Galileu (Editora Globo), AstroPT (editado pelo astrônomo português Carlos Oliveira), Revista Superinteressante (Editora Abril), Revista Ciência Hoje e Revista Ciência Hoje das Crianças (Instituto

⁴² A reportagem em questão tinha a seguinte manchete: “Com repasse de R\$ 40 milhões, Inpe tem menor verba em dez anos e tenta driblar falta de recursos”, divulgada pelo site “G1” em 21/01/2018.

⁴³ CASEMIRO, P. **Com repasse de R\$ 40 milhões, Inpe tem menor verba em dez anos e tenta driblar falta de recursos**. 2018. Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/vale-do-paraiba-regiao/noticia/com-repasse-de-r-40-milhoes-inpe-tem-menor-verba-em-dez-anos-e-tenta-driblar-falta-de-recursos.ghtml>. Acesso em: 14 set. 2018.

Ciência Hoje) e Revista Pesquisa Fapesp (Fapesp), além de artigos na Wikipédia e de textos escritos por cientistas para a divulgação da ciência em revistas ou em jornais. Com esta busca, procurou-se levantar os textos que pudessem ser utilizados como base para as discussões temáticas que ocorreram durante a aplicação da sequência didática, apresentadas na tabela 3 deste trabalho: “levantamento de dados qualitativos de tendências epistemológicas e de elementos da cultura científica”, com duração de 50 minutos (1 *tau*); “discussão metodológica da natureza da ciência”, com duração de 75 minutos (1,5 *tau*); “conhecimentos científicos e as implicações para a sociedade”, também com duração de 75 minutos (1,5 *tau*); e finalmente, “nem sempre perfeita: o conhecimento científico e a falsa neutralidade perante a sociedade”, com 2 *tau*). Após a pré-seleção, os textos foram comparados com os elementos propostos em textos que caracterizam os materiais de divulgação discutidos em Ferreira e Queiroz (2012) e no “Guia de Divulgação Científica” (MASSARANI et al., 2004), tais como: linguagem acessível, com analogias e uso de imagens para exemplificar ou aprofundar determinado conceito ou situação relacionada; distanciar-se do uso de expressões matemáticas; a citação direta ou indireta de fontes; a informação a respeito do papel de uma instituição de pesquisa científica; a contextualização ou a informação a respeito de relações sociais ou históricas do conhecimento científico discutido no texto.

É importante apontar que a inserção de materiais de divulgação científica se faz no contexto em que a disseminação de “curiosidades” relacionadas com elementos da ciência e da tecnologia e que tentam se alçar a elemento de divulgação do conhecimento científico. Não há como negar que o seu alcance é potencialmente maior do que o esperado para textos de divulgação científica apresentados sobre uma estrutura considerada convencional, isto é, redigidos com os objetivos e elementos discutidos por Massarani et. al (op. cit), visto que os textos apresentados com a temática de curiosidade invariavelmente estão associados a uma imagem lúdica, a uma explicação rasa e baseada em concepções de senso comum ou em deturpações de fatos, dados e de conclusões de estudos científicos, como apontado em Gonçalves e Schneider (2017), onde uma página no *Facebook* afirmava, acompanhada de uma imagem coletada pelo *Solar Dynamics Observatory* da *National Aeronautics and Space Administration* – SDO-NASA que

na verdade, o Sol não é vermelho e nem mesmo amarelo. A sua cor real mesmo, é verde azulado. Por causa da distância no espaço o Sol parece "branco", e por causa dos efeitos atmosféricos aqui na Terra, o Sol parece alaranjado/amarelo.

Este é apenas um dos exemplos que poderiam ser citados a respeito da disseminação de informações com incorreções conceituais (para não citar a indução ao erro ou a promoção de informações falsas) que podem ser encontradas na *web*. Durante a seleção dos textos, não foi raro encontrar *sites* que utilizavam o sensacionalismo, evidências protocientíficas ou até mesmo pseudociência para dar um caráter de seriedade e de cientificidade ao que afirmavam.

Para a composição da sequência didática, foram selecionados cinco textos de divulgação científica produzidos por diversos autores e instituições, cuja utilização fosse norteadas pelos resultados verificados na análise dos questionários 1 e 2. A ideia de “norte”, isto é, de direção para a aplicação dos textos se justifica pela amplitude de espectros que possivelmente seriam encontrados, visto que os níveis de cultura científica também tem relação com a inserção social (GODIN, GINGRAS, 2010; ALLCHIN, 2011). Assim, cada texto poderia ser discutido a partir da média das tendências epistemológicas de cada turma, ao mesmo tempo em que eventuais apontamentos teóricos específicos pudessem ser feitos sem negligenciar, por exemplo, as características específicas de aprendizado de cada turma.

Os textos: “A prova final da fosfoetanolamina” (REVISTA PESQUISA FAPESP, 2016) e “A pesquisa com a fosfoetanolamina sintética como inibidor da progressão de tumores” (CAETANO et. al., 2017) foram selecionados para fundamentar a retomada da discussão sobre os métodos de pesquisa científica (especialmente a pesquisa farmacêutica, com os testes cegos e o efeito placebo) e discutir as questões epistemológicas, éticas e sociais envolvidas na produção da fosfoetanolamina sintética, procurando assim, evidenciar a relação entre o conhecimento científico e a sociedade. Por fim, foram selecionados os textos “Um mapa de competências científicas” (REVISTA PESQUISA FAPESP, 2017) – que visava comparar o conhecimento dos estudantes acerca das instituições de pesquisa científica e de sua relação com os aspectos econômicos e geográficos, entre outros, de determinada região – e o capítulo 6 (“Os Átomos”) do livro de divulgação científica “Mundos

Invisíveis” (GLEISER, 2008)⁴⁴ e “Acidente radiológico de Goiânia” (WIKIPÉDIA, 2018a). A utilização do texto a respeito deste incidente em Goiânia originário da “enciclopédia livre” também cria a oportunidade de discutir até que ponto o uso das informações contidas nos textos da Wikipédia podem ser utilizadas como fonte confiável; baseando-se em Demo (2014), é necessário apontar o elementos de cultura científica que estão implícitos em seu funcionamento, tais como: revisão por pares (ou neste caso, os editores da enciclopédia), necessidade de referenciar as fontes citadas no texto, a construção em grupo, entre outras.

3.8 O uso dos textos de divulgação científica no decorrer da sequência didática

3.8.1 Atividade 2: Discussão metodológica da natureza da ciência

Em sequência a aplicação dos questionários de identificação das tendências epistemológicas e dos elementos de cultura científica, aplicou-se a primeira das três atividades relacionadas com o uso de textos de divulgação científica e de comunicação científica a serem aplicados em sala de aula.

Para esta atividade, foram selecionados quatro textos encontrados em redes sociais e em *sites* cujos assuntos possuem relação direta com temas científicos. O primeiro deles, “Veja como eram as apresentações da NASA antes do Power Point” (REVISTA GALILEU, 2013) fazia referência a um conjunto de imagens que mostravam cientistas escrevendo equações e resolvendo cálculos em lousas gigantescas, de modo a apresentar seus resultados aos seus pares. O segundo texto, “Mudança de Lua e Sua Influência Para o Parto” (TROCANDO FRALDAS, 2017) afirmava que as fases da Lua tinham influência direta no trabalho de parto, de modo que o número de nascimentos era maior na fase cheia do que nas outras fases. O terceiro texto, “A nuvem rolo é um dos fenômenos mais raros e impressionantes da natureza”, publicado em um perfil no *Instagram* chamado “Vício Curioso” (2016), mostrava uma imagem cuja legenda reafirmava o título dado à postagem, informando que este tipo de nuvem (nuvem rolo) é raro. O último dos quatro textos é, já discutido na seção anterior deste trabalho, é uma postagem disponibilizada em um perfil com

⁴⁴ O texto de Gleiser (2008) compõe o livro de mesmo título que foi originado do quadro “Mundos Invisíveis” exibido pelo programa “Fantástico” da Rede Globo de Televisão em 2008. Embora também sejam materiais de divulgação científica, os vídeos desta série não foram utilizados neste trabalho de dissertação tendo em vista o enfoque nos textos de divulgação científica que este trabalho possui.

mais de um milhão de seguidores, cuja imagem mostrava o Sol com um tom azul-esverdeado e afirmava que, ao contrário do que visualizamos no dia a dia, a verdadeira cor do Sol não era aquela apresentada na imagem.

Para realizar a atividade, foi solicitado que os alunos de cada uma das turmas se dividissem em grupos de até seis alunos, de modo a formar quatro grupos com quantidade próxima de membros. Um representante de cada grupo sorteou um dos textos cuja veracidade deveria ser investigada e as conclusões, apresentadas para os outros alunos ao final do prazo de 15 minutos dado pelo professor-pesquisador para a leitura, pesquisa e formulação da explicação.

Os grupos puderam consultar todo o tipo de material que estivesse disponível publicamente, mas deveriam obrigatoriamente, citá-los em sua apresentação, além de formular a conclusão a respeito da veracidade da informação analisada baseada nas fontes pesquisadas.

Nenhum dos grupos conseguiu identificar que todas as informações apresentadas para a checagem eram falsas, talvez por um fenômeno comum observado em todas as turmas, em diversos momentos: a veracidade da informação foi checada **sempre** sob dois parâmetros: a existência do texto conforme apresentado pelo pesquisador e o sentido lógico que a informação *aparentava* possuir – ou que confirmavam os conhecimentos prévios ou noções de senso comum presentes nos alunos. Um exemplo desta situação é dado a seguir, na análise das apresentações sobre as conclusões a respeito do texto da revista Galileu (REVISTA GALILEU, 2016).

O texto “Veja cientistas da NASA antes da invenção do *PowerPoint*” (REVISTA GALILEU, 2016), continha uma informação incorreta que invalidava o argumento de seu texto: as imagens não eram de cientistas na NASA, já que foram registradas em 1957, dois anos antes da fundação da agência espacial dos Estados Unidos. Contudo, os alunos procuraram verificar a veracidade da informação a partir da data de lançamento do software da Microsoft, ocorrida, de acordo com a Wikipédia (2018), em 1987. **Como obviamente o software fora lançado muitos anos depois do registro das imagens apresentadas no texto, logo, concluíram os alunos, não haveria como os cientistas possuírem o programa e, portanto, o argumento – de que aquela imagem representava os cientistas da NASA – era verdadeira.**

A verificação do texto “Mudança de Lua e Sua Influência Para o Parto” (TROCANDO FRALDAS, 2017) obteve a mesma tendência de verificação dos fatos. A alegação de que a interação gravitacional entre o planeta Terra e a Lua era

suficientemente forte para provocar o aumento de nascimentos foi considerada correta por todos os grupos que apresentaram as suas conclusões (alguns grupos, inclusive, citaram corretamente a lei da gravitação universal); estas foram embasadas na existência do efeito maré que é observado diariamente nos oceanos. A ausência de elementos da cultura científica já discutida anteriormente impossibilitou, por exemplo, que os alunos buscassem alguma pesquisa científica publicada a respeito do assunto – a respeito da influência da lua cheia para o nascimentos, Silveira (2003) realizou o cruzamento das datas de nascimento de mais de 30 mil vestibulandos com as fases da Lua e não encontrou flutuação estatística considerável que justificasse a afirmação de tal correlação. Este trabalho de Silveira foi publicado quinze anos antes da realização da atividade proposta nesta pesquisa, de modo que não há como alegar que esta investigação científica é recente, e por isso, é pouco conhecida.

Os terceiros e quartos textos analisados pelos alunos, publicados em páginas de redes sociais, foram considerados verdadeiros por todos os grupos que os analisaram. Entretanto, diferentemente do que os dois primeiros grupos fizeram – pesquisa em fontes de informação jornalística – os grupos, em geral, recorriam a análise dos comentários feitos por outros usuários acerca das informações apresentadas. Alguns grupos ficaram insatisfeitos com os apontamentos e incoerências registradas nos comentários, e procuraram levantar de maneira autônoma as informações para verificar a veracidade do conteúdo apresentado. Entretanto, a maioria dos grupos envolvidos recorriam ao professor-pesquisador perguntando *onde* poderiam pesquisar sobre a informação, o que evidenciou, a nosso ver, a ausência de elementos relacionados com as classes I e III da cultura científica, já que nenhum aluno sugeriu ou realizou pesquisas em sites de instituições como INPE, INMET ou nem mesmo em empresas privadas especializadas em previsão do tempo.

Após o momento de pesquisa, o professor-pesquisador procedeu com uma aula expositiva a respeito da epistemologia da ciência. Para isto, duas questões foram anotadas em lousa e discutidas à medida em que elas eram dadas pelos alunos. A primeira delas, “como surge o conhecimento científico?”, tinha como intenção verificar a presença da ideia de problema (“todo conhecimento científico é resposta a uma pergunta” (BACHELARD, 1996) como elemento central para o progresso do conhecimento científico. A segunda questão, “como um conhecimento pode ou não ser caracterizado como científico?”, procurava abordar os conhecimentos a respeito

do papel da hipótese científica, o falseacionismo e as possíveis concepções (ainda que rudimentares) de métodos científicos. Neste momento, também foi perguntado aos alunos se a astrologia e a ufologia poderiam ser consideradas disciplinas científicas e que justificassem as suas respostas. Da mesma forma que com a primeira questão, estas também tiveram suas respostas anotadas em lousa pelo professor-pesquisador.

As respostas às duas perguntas propostas aos alunos logo após os grupos apresentarem as suas conclusões a respeito das notícias reforçou a ausência dos elementos relacionados com o conhecimento da epistemologia da ciência e com o desenvolvimento deste tipo de conhecimentos dentro e fora das universidades, relacionados com as classes I e II dos elementos da cultura científica propostos neste trabalho.

Para a pergunta: “como surge o conhecimento científico?”, alguns alunos apontaram locais como: “no laboratório”; “nos livros escritos pelos cientistas”; “nas pesquisas científicas”. A percepção ao observar os alunos enquanto as perguntas eram propostas e respondidas por alguns deles era que poucos realmente conheciam ou entendiam o papel da pergunta no desenvolvimento deste tipo de conhecimento – isto quando, ao menos, em algum momento de sua vida, pensaram em como ocorre o desenvolvimento do conhecimento científico.

Ao fim do segundo tempo de aula, foi apresentado aos alunos, em uma projeção de *slides* previamente elaborada para este fim, algumas ilustrações que descreviam a ideia do falseacionismo (SABER CIÊNCIA, 2018) para discutir a diferença entre uma ciência e uma pseudociência sob o ponto de vista de Popper (2013), em que o marco regulatório de uma disciplina científica de uma não científica é a possibilidade de se refutar uma afirmação (ou hipótese) levantada pelo cientista. Desta forma, tanto a astrologia quanto a ufologia, entre tantos outros exemplos a serem dados, são consideradas pseudociências pela impossibilidade de se falsear as suas proposições⁴⁵.

Nenhum aluno reconheceu a ufologia e a astrologia como uma pseudociência. Aliás, os alunos demonstraram desconhecer o significado do termo e as razões pelas quais este tipo de conhecimento é assim classificado. Ao apresentar um a um o nome de outras pseudociências (como poligrafia, numerologia, grafologia, magnetoterapia e telecinese), poucos manifestaram conhecer um dos termos a medida em que eram

⁴⁵ Ver seção 1.7.3 deste trabalho.

mostrados. Este fato é uma forte evidência da ausência do desenvolvimento de elementos da cultura científica, especialmente os elementos 1, 2 e 6 da Classe III (tabela 2).

Por fim, foi discutido com os alunos participantes a veracidade ou incorreções teóricas relacionadas ao conhecimento científico apresentadas por cada um dos textos. Antes de iniciar a apresentação, contudo, foi perguntado aos alunos se eles porventura tinham mudado de ideia sobre as conclusões apresentadas por eles. Muitos alunos permaneceram em silêncio, olhando para os colegas, enquanto alguns pediram para que o professor-pesquisador prosseguisse, entoando frases como: “vamos, professor! Queremos ver se acertamos a nossa análise” que eram acompanhadas com gestos que a nosso ver indicavam pressa e curiosidade (neste caso, pela confirmação do acerto perante a atividade). Esses tipos de manifestação ocorreram em todas as turmas e não pareceu estar diretamente ligada ao desempenho acadêmico dos alunos. Ao apresentar os resultados esperados e os caminhos tomados para que chegássemos as conclusões a respeito da veracidade ou da correção teórica dos argumentos ou informações apresentadas nos textos, houve a demonstração de alguma perplexidade dos alunos dos grupos a medida em que os resultados foram discutidos. Na análise do texto 2, que versava sobre a influência da lua nos partos, ao apresentar o estudo de Silveira (2003), muitos comentaram com frases como: “nem sabia que isso [o artigo científico] existia (...)” ou “mas como ele [provavelmente se referindo ao autor do texto] sabe que não é a Lua?”, apresentando algum nível de ceticismo, mas que lhe foi insuficiente para que as informações do texto do site Trocando as Fraldas fossem contrapostas com o conhecimento científico básico que ele e seus colegas possuíam sobre o tema. Mas o texto que provocou a maior quantidade de reações e de questionamentos foi o texto publicado no *Facebook* (FATOS DESCONHECIDOS, 2017) que afirmava que a verdadeira cor de nosso Sol era o azul esverdeado. Em todas as turmas – mesmo naquelas em que os conceitos de óptica geométrica e de propriedades da luz e das ondas eletromagnéticas já tivera sido exposta –, houve a divisão em basicamente três grupos: o dos alunos que não confiavam na veracidade dos conteúdos produzidos pela página; os que acreditavam na verdade conceitual dos alunos e aqueles que alegavam que a informação tinha “algum fundo de verdade”. Um grupo de alunos, ao levantar o argumento de que a cor do Sol que enxergamos é influenciada pelas características de nossa atmosfera e que está relacionada com a dispersão das cores

e dos princípios de propagação da luz, foi rebatido pelo grupo de alunos que aparentava confiar plenamente naquilo que era divulgado pela página, foi rebatida com o argumento de que, mesmo em fotos da NASA, o Sol aparece amarelo. Ao explicar aos alunos a necessidade o tratamento de imagens capturadas por telescópios quando essas são utilizadas em pesquisas científicas, alguns alunos se mostraram surpresos quanto a necessidade de tarefas pós-coleta de dados (em uma das turmas de 1ª série, o aluno COI130⁴⁶ questionou: “então os cientistas não ficam só olhando para o céu, professor?”. Este foi um dos vários exemplos que a atividade trouxe sobre o desconhecimento de elementos de prática, vivência e de formação da cultura científica apresentados pelos alunos.

3.8.2 Atividade 3: Conhecimentos científicos e as implicações para a sociedade

A etapa seguinte da sequência didática tinha como propósito apresentar aos estudantes de que forma o conhecimento científico é elaborado, apresentado aos pares e, enfim, chega até a sociedade. Para isso, foi selecionado o texto “A prova final da fosfoetanolamina” (REVISTA PESQUISA FAPESP, 2016) que discutia toda a questão a respeito da substância que ficara conhecida como “pílula do câncer”. O texto, repleto de ilustrações e com informações obtidas a partir de entrevistas com especialistas em oncologia, farmácia e direito, se mostrou adequado para ser discutido com os grupos envolvidos na pesquisa, tendo em vista a linguagem simples, exemplificada e que abordava um assunto que despertou o interesse dos alunos logo ao ser exposto.

Os alunos formaram duplas e trios e receberam uma cópia impressa do texto da revista “Pesquisa Fapesp” para que fizessem uma leitura compartilhada entre os pares. Diferentemente do que foi realizado anteriormente, desta vez optou-se por um resumo do caso da fosfoetanolamina e de seus desdobramentos, com apontamentos específicos no texto – como o infográfico que apresentava como eram realizadas as pesquisas para a verificação da eficácia de um medicamento – e as relações éticas e morais que a distribuição da pílula sem os devidos testes trouxe para todos os envolvidos nesta questão, bem como as soluções apresentadas pelas autoridades políticas e sanitárias responsáveis pela liberação do medicamento.

⁴⁶ Conforme discutido na seção 3.4, este aluno estava matriculado na escola ETM, no 1ª ano do ensino médio.

Então, foi solicitado aos alunos que anotassem na lousa as palavras ou termos que não compreendiam o significado. Todas as turmas anotaram o termo “fosfoetanolamina”. As turmas de 1ª série – todas da ETM – também decidiram anotar os termos “protocolo de pesquisa”, “comitê de ética e pesquisa”. Os alunos da 2ª série da ETM não anotaram nenhum termo, da mesma forma que os alunos da EOM.

A respeito dos termos que eram desconhecidos pelos alunos da 1ª série do ensino médio, inicialmente foi pedido que eles pesquisassem o significado dos termos na *web*. Ao questioná-los sobre as respostas, os alunos que se ofereceram para responder a pergunta levantada naquele momento leram os apontamentos encontrados na internet, contudo, sem refletir sobre o seu significado ou a necessidade, por exemplo, da adoção de um protocolo de pesquisa ou da existência de um comitê de ética e pesquisa para proteger o máximo possível os seres vivos utilizados em pesquisas científicas.

A discussão sobre a importância de se seguir os protocolos de pesquisa no caso da “pílula do câncer” fez com que alguns alunos espontaneamente compartilhassem com a turma histórias de familiares atingidos pela doença e da angústia vivenciada pelo paciente e por seus familiares diante do diagnóstico e do tratamento do câncer. Assim, alguns alunos questionaram a necessidade da obediência a protocolos de pesquisa, já que eles poderiam atrasar o desenvolvimento de medicamentos mais eficazes ou com menos efeitos colaterais aos pacientes.

A discussão a respeito da assim chamada “pílula do câncer” foi escolhida baseando-se na análise das respostas dos questionários que foram apresentados nas seções anteriores deste capítulo, que apontaram o baixo desenvolvimento dos elementos das três classes do conhecimento científico. Assim, para que os alunos procurassem refletir sobre seus conhecimentos e sobre a relação entre a ciência, tecnologia e a sociedade, adotou-se como material de referência o texto de divulgação científica produzido pela Revista Fapesp. A adoção desta reportagem gerava a oportunidade de (i) discorrer a respeito de elementos culturais da ciência (como a concepção de métodos científicos e, especificamente, os métodos de pesquisa científica na área de medicina); (ii) a apresentação de uma agência de fomento e a discussão a respeito de seu papel na sociedade; (iii) a apresentação de um artigo científico para que os alunos comparem o estilo e a linguagem com o texto utilizado como base para a atividade e (iv) a discussão sobre a importância e os riscos da aplicação do

conhecimento científico numa situação que envolvam aspectos emocionais ou comerciais na população e no próprio pesquisador que obteve determinado resultado.

Foi possível perceber que os alunos detinham algum conhecimento sobre o contexto histórico da distribuição da pílula. Entretanto, quando questionados a respeito da polêmica em se aceitar que aquele tipo de pílula cumpra, de fato, aquilo que promete, nenhum aluno se manifestou. Os olhares no ambiente, em geral, demonstravam dúvidas e certa insegurança (talvez pelo receio de errar alguma resposta). Quando lhes foi apresentada os passos que uma pesquisa científica de substâncias medicinais deveria passar antes que pudesse ser vendida ao público, as reações foram de surpresa e de incredulidade, especialmente ao perceberem que uma fórmula medicamentosa não chega ao mercado da noite para o dia.

Ao longo das leituras, foi possível perceber um clima de inquietação dos alunos. Evidentemente, este clima não foi o mesmo em todas as turmas onde este projeto foi aplicado; mas, de forma geral, os alunos sempre apresentavam questões relacionadas com a necessidade de se seguir os protocolos de pesquisa médica e, principalmente, as razões pelas quais decisões judiciais foram favoráveis a obrigatoriedade de produção do medicamento mesmo sem a realização dos testes, indicando um desconforto diante do fato de uma substância ser utilizada sem nenhuma evidência científica a respeito de sua eficácia. Esta inquietação apresenta indícios, em nosso entendimento, do desenvolvimento do conjunto de elementos da cultura científica.

O texto “Um mapa de competências científicas” (REVISTA PESQUISA FAPESP, 2017) foi discutido a partir dos elementos gráficos disponibilizados no texto, com ênfase nas instituições de pesquisa localizadas na RMVale. A intenção neste momento foi apresentá-las e relacioná-las – quando este era o caso – com as instituições presentes no questionário 2 respondido no início da sequência didática. Em geral, os alunos demonstravam surpresa com a quantidade de instituições existentes, pois o texto apresentava um panorama geral das instituições de pesquisa do estado de São Paulo (embora nosso foco tenha sido a RMVale, os alunos, por conta própria, começaram a ler as informações dos infográficos e perceberam que a presença dessas instituições é maior do que muitos supunham.

Ao final desta atividade, como meio de aculturação, foi apresentado aos alunos uma cópia impressa do artigo científico de Caetano et al. (2017) em que os autores fazem uma revisão bibliográfica a respeito das pesquisas com a fosfoetanolamina

sintética realizadas em pacientes com câncer e apresentava os resultados negativos coletados nos testes da fosfoetanolamina na regressão de tumores. Foi solicitado aos alunos que ao observarem o texto, conferissem as seções, o tipo de linguagem e a diagramação utilizada e comparassem esses elementos com o texto disponibilizado no início da aula. A intenção, neste momento, foi a apresentar os principais elementos textuais de um artigo científico, a recorrente referência a fontes, além de discutir que o conhecimento científico não possui dogmas ou pontos em que não pode ser contestado. Mesmo as crenças populares podem (e devem⁴⁷) ser verificadas sob o ponto de vista da ciência. Diversas vezes ouviu-se expressões como: “nossa, que texto difícil, professor”; outro aluno afirmou: “Ai! Eu não quero ter que ler tudo isso não, professor [sic]. Por acaso o *senhor* leu tudo isso?”. Esta fala do aluno foi aproveitada pelo professor-pesquisador para explicar este e outros aspectos do trabalho científico, como a leitura de artigos científicos de outros cientistas, a necessidade de produção dos artigos para manter os fundos de pesquisa e de se discutir os conhecimentos relacionados ao tema proposto como forma de aumentar o conhecimento científico sobre determinado tema ou ainda, de propor novas teorias.

3.8.3 Atividade 4: Nem sempre perfeita: o conhecimento científico e a falsa neutralidade perante a sociedade

Os dois últimos tempos de aula da sequência didática aplicada aos estudantes pretendia, como já discutido, apresentar as relações entre o conhecimento científico, o desenvolvimento tecnológico e a sociedade. Para isso, foi selecionado o tema radioatividade e energia nuclear. Dois motivos justificam esta escolha: o uso da radioatividade é um tema em voga por questões econômicas, políticas e sociais que são apresentadas pela mídia constantemente e a possibilidade de se demonstrar que o conhecimento científico não é neutro e possui implicações sociais que são compartilhadas por todos.

A atividade começou com a leitura comentada pelo professor-pesquisador do texto “Os Átomos” (GLEISER, 2000, p. 147-161), onde o autor apresenta uma perspectiva histórica dos modelos e descobertas relacionadas aos átomos, como os

⁴⁷ A verificação científica de crenças populares não deve ser vista como uma forma de dominação do conhecimento científico. Ao contrário, este tipo de verificação poderia, em tese, aproximar a ciência de problemas reais das pessoas ou possibilitar o encontro de soluções para problemas e questões ainda sem respostas (FEYNMAN, 2015).

raios X em 1895 por Willem Röntgen e culminando da descoberta da radioatividade por Henri Becquerel, em 1896 e de outros elementos radioativos, como o polônio e o rádio, realizadas por Pierre Curie e Marie Curie, alguns anos depois. A necessidade de se compreender o fenômeno da radioatividade, bem como encontrar outras substâncias capazes de emitir radiação foi o objetivo de diversos cientistas; neste contexto histórico, foi apresentado aos alunos a concepção bachelardiana de que o conhecimento científico avança a partir de uma pergunta e que o elemento comum a qualquer cientista é a curiosidade. Esses dois apontamentos epistemológicos pareceram surpreender alguns alunos, visto que em sua maioria, consideravam que o cientista apenas registrava ou “absorvia” o conhecimento científico da natureza.

Após a leitura do texto de Gleiser (2008), discutiram-se aspectos do uso da radioatividade para a geração de energia elétrica, o tratamento do câncer e para a fabricação de armas nucleares e as consequências dos acidentes nucleares – com destaque a Chernobyl, na Ucrânia, em 1986 e em Goiânia, no Brasil, em 1987. Ao discutirmos os textos que relatavam os acontecimentos históricos ocorridos em cada um dos acidentes, os alunos pareciam mais curiosos sobre o assunto e não paravam de questionar a respeito de consequências para o corpo humano exposto a radiação nuclear, ao comportamento das autoridades públicas, especialmente as brasileiras diante do ocorrido em Goiânia. Todas as questões foram respondidas e mais materiais de divulgação científica foram indicados para a leitura complementar dos interessados.

Alguns alunos que já conheciam o evento começaram a apresentar ao professor-pesquisador materiais disponíveis no *YouTube* e em páginas de curiosidades no Facebook. Os vídeos que os alunos apresentaram, em geral, continham linguagem sensacionalista, apelando para termos como: “estivemos em Chernobyl, a cidade⁴⁸ da morte”, ou imagens reais que ilustram situações que jamais foram relatadas oficialmente, mas que são apresentadas como sendo verdadeiras; um exemplo disso é uma postagem que mostra diversos pássaros sob o solo contaminado, com uma legenda: “pássaros de Chernobyl ficaram maiores e mais fortes após o acidente nuclear”. Em que pese a realidade, a fauna local foi assassinada para então ser sepultada em locais preparados, pois ofereciam risco de contaminação por conta da radiação que esses animais absorveram após o acidente.

⁴⁸ Na verdade, a usina nuclear de Chernobyl está localizada na cidade de Pripyat.

Contudo, não foi encontrado nenhum estudo que tenha chegado a esta conclusão – e tal tarefa de busca ficou mais difícil por conta da ausência de fontes para que se verificasse a procedência ou os métodos de análise que permitiram a afirmação de tal correlação entre o acidente nuclear de Chernobyl e a mudança física das aves que habitavam a região da usina.

Por fim, foi comentada oralmente, pelo professor-pesquisador, a existência do Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEM, que tem como objetivos a fiscalização, regulação e licenciamento da produção de energia nuclear no Brasil e de como o desconhecimento a respeito de conceitos científicos pode ser perigoso para a população. Logo em seguida desta fala, um aluno da ETM matriculado no primeiro ano do ensino médio pediu a palavra e afirmou: “*mas, professor, como pode uma substância fazer bem, quero dizer... Curar alguém e ao mesmo tempo pode matar e destruir um monte de coisa*”? (fala reproduzida do registro de caderno de campo do professor-pesquisador). O que pareceu se desenvolver, além do interesse pelo conteúdo, foi a relação entre ciência e sociedade, especialmente quando da fala do aluno citado acima.

Por conta do número de perguntas que os alunos levantaram ao longo de aplicação desta atividade, o tempo previsto para 2 (*tau*) que totalizariam 100 minutos foi insuficiente, de modo que a atividade se encerrou, de fato, após 2,5 (*tau*).

3.9 Resumo da aplicação da sequência didática

Em suma, a sequência didática procurou promover a enculturação científica ao longo de sua realização, focando inicialmente nos aspectos epistemológicos e metodológicos do conhecimento científico, passando pela utilização deste conhecimento e suas implicações para o cotidiano (ilustrada por uma situação de grande repercussão, como o caso da fosfoetanolamina sintética), incluindo a utilização de fontes de informação oficiais – como as agências regulatórias ou os institutos de pesquisa especializados em determinado ramo – e a necessidade de se discutir as implicações do uso do conhecimento científico para toda a sociedade. Finalmente, utilizando um assunto que é recorrente nas discussões sobre a produção de energia elétrica e as relações políticas internacionais, o uso da radioatividade foi apresentado como um exemplo do conhecimento científico não-neutro: pode ser

utilizado como fonte para a geração de energia e o tratamento médico, como para causar um grande número de mortos e de feridos com o uso de bombas nucleares.

Capítulo 4 – Considerações finais sobre as tendências epistemológicas e elementos da cultura científica dos alunos participantes da pesquisa.

Este trabalho procurou discutir e encontrar uma maneira de se identificar uma maneira de levantar as tendências de pensamento sobre ciência e a presença de elementos de cultura científica que pudessem indicar, qualitativamente, o seu desenvolvimento na cognição dos alunos envolvidos no estudo.

De modo geral, as tendências epistemológicas apresentadas pelos alunos revelaram uma concepção de ciência cujos métodos são gerais como fio condutor para uma verdade geral. Em média, os alunos entendem que os novos conhecimentos surgem a partir dos conhecimentos estabelecidos anteriormente, de modo que cada nova teoria carrega muitos elementos da anterior, embora seja mais abrangente; em relação a aproximação com a verdade, os alunos consideram que um novo conhecimento científico não é, necessariamente, mais verdadeiro que o anterior, mas sim, uma nova maneira de compreender os fenômenos. E finalmente, os alunos consideram que existe sim influências e pressões externas na prática científica, de modo que o cientista não é autônomo para decidir o que pesquisará ou como o fará. Como já discutido, a discussão epistemológica estaria condicionada aos objetivos do docente em seu planejamento pedagógico. Assim, os resultados devem servir de uma espécie de “norte” para o planejamento das estratégias de ensino e de aprendizagem no sentido de criar ou de ampliar os conceitos já estabelecidos na cognição dos discentes.

A respeito da formação da cultura científica, pode-se verificar que ainda é baixo o desenvolvimento cultural acerca da ciência dos alunos pesquisados. Muitos elementos propostos para este trabalho não foram utilizados nem foram sequer indicados como presentes na mente dos alunos. Este resultado é condizente com as discussões em sala de aula a partir do uso de materiais de divulgação científica propostos para esta pesquisa. Observou-se o aumento da curiosidade e do desejo de compreender determinados assuntos, ao mesmo tempo em que as novas informações pareceram contribuir para preencher as lacunas existentes na formação epistemológica e cultural da ciência. Evidentemente, não se espera que este trabalho se apresente como encerrado em si mesmo. A compreensão do nível e da presença de elementos de cultura científica se faz necessária e urgente, especialmente em uma época onde soluções ditas científicas prometem toda sorte de curas,

emagrecimentos, aumento na produção intelectual e, ao mesmo tempo, negam o conhecimento científico em detrimento de crenças pseudocientíficas ou não utilizam elementos culturais da ciência, como a contextualização do conhecimento, discussões embasadas em dados de natureza científica, entre outros. Assim, espera-se que este trabalho possa ter servido ao propósito de ao menos conscientizar a necessidade da formação da cultura científica, tão importante quanto os conceitos estudados em sala de aula.

O uso de textos de divulgação científica durante a aplicação da sequência didática mostrou-se uma importante ferramenta para fundamentar e orientar o aluno durante as discussões em sala de aula. Mais do que introduzir ou aprofundar determinada discussão conceitual, este tipo de material auxilia na contextualização do conhecimento e na própria evolução do saber curioso para o saber epistemológico (FREIRE, 2014), já que em muitos casos, os alunos são expostos situações cujo conhecimento adquirido até então não é suficiente para que eles expliquem corretamente as causas ou aplicações dos conhecimentos científicos relacionados aos mais diversos fenômenos de nosso cotidiano.

Recordando as hipóteses de nosso trabalho, apresentadas na introdução e no capítulo 3 deste trabalho, temos:

- i. Os alunos apresentam uma tendência epistemológica de ciência regionalista, cujos conhecimentos se acumulam ao longo do tempo e se aproximam da verdade a medida que evoluem e que considera o cientista neutro e avesso a interferências externas;
- ii. são mínimos os elementos da cultura científica, classificáveis dentro da espiral da cultura científica de Vogt (2003) e do modelo multidimensional de Godin e Gingras (2000) não estão presentes quando analisados os conhecimentos sobre natureza e história da ciência e a relação entre ciência, tecnologia e sociedade, no grupo de alunos participantes e;
- iii. a seleção de textos de divulgação científica, ao levar em conta os aspectos culturais e epistemológicos apresentados pelos alunos oferece a possibilidade de reflexão conceitual de seus conhecimentos espontâneos em comparação com o saber epistemológico trazido pelo docente e pelos textos selecionados.

Conclui-se, a partir da análise dos resultados, que:

- I. A investigação qualitativa a respeito da possível presença de elementos da cultura científica propostos a partir da classe de elementos característicos da cultura científica elaborada para este trabalho com base em Vogt (2006) e Godin e Gingras (2000) mostrou-se possível, de modo que o resultado obtido evidenciou a formação deficitária de elementos da cultura científica, o que corrobora, ao menos em parte, com nossa hipótese a respeito do tema. Ainda que os elementos da cultura científica, ao contrário do que nossa hipótese afirmava, foram encontrados e evidências de seu desenvolvimento foram percebidas a medida em que a sequência didática era apresentada.
- II. A hipótese a respeito da tendência regionalista que seria apresentada pelos alunos mostrou-se refutada, já que as respostas apresentadas pelos alunos indicam a concepção generalista para a ciência, baseando-se especialmente nos resultados analisados a partir dos questionários.
- III. Em termos de progresso do conhecimento científico, os alunos apresentaram a tendência cumulativista, de modo que nossa hipótese se mostrou válida quando analisamos os dados obtidos nos questionários e presentes nos alunos de ensino médio envolvidos nesta pesquisa.
- IV. A seleção de textos de divulgação científica, ao levar em conta os aspectos culturais e epistemológicos apresentados pelos alunos, de fato oferece a possibilidade de reflexão conceitual de seus conhecimentos espontâneos em comparação com o saber epistemológico trazido pelo docente e pelos textos selecionados. Isto nos foi evidenciado em meio as observações de campo, já que observamos alunos questionando o próprio conhecimento ao demonstrarem surpresa em relação ao que era exposto, especialmente nas atividades relacionadas às seções 3.8.2 e 3.8.3. Além disso, também observamos alunos que mudaram a sua postura frente ao conhecimento científico exposto durante as aulas, especialmente nas atividades descritas na seção 3.8.1. Ali, alguns alunos passaram a questionar de forma mais intensiva a veracidade de conteúdos enviados pelos próprios colegas ou visualizados durante o acesso em redes sociais. Foi perceptível para este professor-pesquisador o quanto esses alunos passaram a trazer

informações para discutir e procurar embasamento científico para argumentar sobre elas, mesmo após a aplicação das atividades decorrentes desta pesquisa.

A realização deste trabalho encerra um ciclo pessoal iniciado em 2015, época em que estabeleci como meta pessoal o ingresso no Programa de Pós-graduação em Projetos Educacionais de Ciências da Escola de Engenharia de Lorena - PPGPE EEL USP. Desde aquele tempo, nutria o interesse pelas áreas da epistemologia da ciência e da divulgação científica, especialmente realizada por meio de textos impressos ou digitais. Como docente, sempre senti que uma das mais graves lacunas de nosso ensino de ciências era a ausência de preocupação com a necessidade de a ciência se fazer compreender enquanto método, prática e cultura, e portanto, se fazer como elemento essencial de compreensão do mundo, diminuindo a sensação comumente percebida em sala de aula de que a ciência não é algo presente no cotidiano das pessoas. Desta forma, procurei direcionar minha pesquisa de modo a desenvolver conhecimentos e aplicações que pudessem evidenciar a importância da ciência para a humanidade, colocando-a de fato como parte integrante da vida de meus alunos, e ao mesmo tempo, pudesse auxiliar em meu trabalho enquanto docente. Esta foi e continua sendo uma tarefa difícil, cujo problema e solução se entrelaçam: os conhecimentos necessários para resolvê-la estão permanentemente relacionados com o avanço do científico, que por sua vez, dependem de investimentos públicos e do apoio da população, que por sua vez, tende a apoiar quando reconhece a importância do conhecimento científico.

O reconhecimento da importância do conhecimento científico deve ter os seus alicerces definidos e construídos durante a formação escolar. Fora deste ambiente, estes alicerces deveriam ser reforçados para que o exercício da cidadania e da autonomia dos alunos pudesse, efetivamente, fazer parte de nossa sociedade. Entretanto, temos uma sociedade em que as informações se propagam e se assumem como verdade sem que sejam questionadas por nós. O utilitarismo do conhecimento ganhou espaço e caminha juntamente com o imediatismo das informações e do reforço das crenças pessoais. Mais do que nunca, devemos reforçar nossos alicerces científicos para viver nesses tempos. É por isso que acredito que este trabalho possa trazer algumas contribuições para o assunto, especialmente quando levamos em conta a possibilidade de identificar – ainda que maneira

qualitativa e menos específica – as tendências de pensamento sobre ciência e sobre como ocorre a sua prática. Talvez as tendências epistemológicas possam oferecer caminhos mais precisos para que a ciência seja, de fato, discutida em sala de aula de modo a incluir as formas de pensamento e as concepções dos alunos sobre o assunto (ou ainda abrir caminhos para o estabelecimento de novas formas de se identificar essas concepções e até mesmo, os elementos de cultura científica presentes nos alunos). Evidentemente, o levantamento aqui proposto não é um fim em si mesmo, tampouco é um trabalho concluído, sem necessidade de avanços (afirmar isso é negar a própria natureza do trabalho científico, que permite verificar modelos, conhecimentos, teorias a qualquer tempo). Nos falta compreender as razões para tais tendências apresentadas: por exemplo, o que levou os alunos a terem uma tendência de pensamento epistemológico em detrimento de outra? Foram apenas as concepções espontâneas? Ou foi o fruto do aprendizado anterior?

Ainda assim, acredito que as propostas apresentadas neste trabalho sejam um pequeno passo para a melhoria da qualidade do ensino de ciências, tão criticado – algumas vezes, a meu ver, de maneira injusta – e tão carente de novas percepções que o encaminhe para um ensino que consiga dar conta das necessidades do ser humano do século XXI, ao mesmo tempo em que consiga mostrar que a construção do conhecimento científico não é imediata nem é, por vezes, resultado de uma inspiração (ou “eureka”) que surge aleatoriamente. O trabalho científico depende de uma construção coletiva de significados, consensos e, de forma mais externa, de apoio e de credibilidade junto à sociedade. Que ao refletir sobre como vemos a ciência, nós possamos, de fato, tratá-la – parafraseando Carl Sagan – como uma vela que clareia a escuridão.

REFERÊNCIAS

ACIDENTE RADIOLÓGICO DE GOIÂNIA. In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2018. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Acidente_radiol%C3%B3gico_de_Goi%C3%A2nia&oldid=51449462. Acesso em: 12 de fev. 2017.

ALLCHIN, D. Evaluating Knowledge of the Nature of (Whole) Science. **Science Education**, Sem Local, v. 1, n. 95, p. 918-942, mar./2011. Disponível em: <http://douglasallchin.net/papers/EvaluatingKNOWS.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2018.

_____. Pseudohistory and Pseudoscience. **Science and Education**, v. 1, n. 13, p. 179-195, jan. 2004.

ALVES, R. O que é científico? In: ALVES, Rubem. **O que é científico?** 2. ed. São Paulo: Edições Loyola, 2009. Cap. 1. p. 11-18

AMORIM, L. M.; MASSARANI, L. Jornalismo científico: um estudo de caso de três jornais brasileiros. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 5., 2005, Bauru. Atas... Bauru, 2005

ANDRADE, B. L.; ZYLBERSZTAJN, A.; FERRARI, N. As analogias e metáforas no ensino de ciências à luz da epistemologia de Gaston Bachelard. **ENSAIO - Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 2, n. 2, p. 1-11, 2002

ARIAS, A. G.; RANGEL, F. A. H. Ciencia, pedagogía y cultura científica. **Elementos Ciencia y Cultura**, Puebla (México), v. 19, n. 87, p.3-12, 2012. Disponível em: <http://www.elementos.buap.mx/num87/htm/3.htm>. Acesso em: 05 dez. 2015.

AULER, D.; DELIZOICOV, D. **Alfabetização científico-tecnológica para quê?** Ensaio Pesquisa em Educação e Ciências, v. 3, n. 2, p. 105-16, 2001.

BACHELARD, G. **A filosofia do não: filosofia do novo espírito científico**. Tradução de Joaquim José Moura Ramos. 6. ed. Lisboa: Editorial Presença, 2009. 125 p.

_____. **A formação do espírito científico**. Tradução de: Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto Editora, 2002. 316 p.

BASSOLI, F. Atividades práticas e o ensino-aprendizagem de ciência(s): mitos, tendências e distorções. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 20, n. 3, p.579-593, set. 2014. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1516-73132014000300005>. Acesso em: 06 jan. 2017.

BAZZO, W. A. Cultura científica versus humanística: A CTS é o elo? **Revista Iberoamericana de Educación**, Madri, n. 58, p.61-79, 2012.

BIZZO, N. **Pensamento científico**: A natureza da ciência no ensino fundamental. São Paulo: Editora Melhoramentos, 2012. 175 p.

BRASIL (Comitê Gestor da Internet no Brasil). **TIC Domicílios**. 2015. Disponível em: <http://cetic.br/pesquisa/domicilios/>. Acesso em: 30 abr. 2017.

_____. Ministério da Educação. **PCN+ Ensino Médio**: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. 2002. Disponível em <portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf> Acesso em 23 set. 2016.

_____. **Parâmetros Curriculares Nacionais - Terceiro e Quarto Ciclos do Ensino Fundamental**. 1998. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/>. Acesso em: 02 de ago 2016.

_____. Ministério da Educação. **Relatório Nacional PISA 2012**. Disponível em: http://download.inep.gov.br/acoes_internacionais/pisa/resultados/2014/relatorio_nacional_pisa_2012_resultados_brasileiros.pdf Acesso em: 23 set. 2016.

_____. Ministério da Ciência, Tecnologia e Telecomunicações. **Percepção Pública da C&T no Brasil 2015**. Disponível em: <http://percepcaocti.cgee.org.br>. Acesso em: 8 jan. 2018.

_____. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular: educação é a base. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf. Acesso em: 05 fev. 2018.

BUENO, C. **Divulgação científica**: produzindo notícia, produzindo ciência. Campinas: Saraiva, 2013.

BUNGE, M. **Ciência e desenvolvimento**. Belo Horizonte: Itatiaia: São Paulo: Ed. Universidade de São Paulo, 1980

_____. **La ciencia: u metodo y su filosofia**. 1985. Disponível em: https://users.dcc.uchile.cl/~cgutierrez/cursos/INV/bunge_ciencia.pdf. Acesso em: 11 jun. 2018.

BYBEE, R. W. **Achieving scientific literacy: from purposes to practices**. In: The science teacher, v. 62, n. 7, p. 28-33, NSTApress. Arlington, 1995.

CACHAPUZ, A. et al (Org.). **A necessária renovação do ensino das ciências**. São Paulo: Cortez, 2005. 264 p.

CACHAPUZ, A. et al (Org.). **A necessária renovação do ensino das ciências**. São Paulo: Cortez, 2005. 264 p.

CAETANO, N. A. O et al. A pesquisa com a fosfoetanolamina sintética como inibidor da progressão de tumores. **Revista da Faculdade de Ciências Médicas de Sorocaba**, Sorocaba, v. 19, n. 3, p.111-116, jul. 2017. Disponível em: <http://revistas.pucsp.br/RFCMS/article/view/32929/pdf>. Acesso em: 09 fev. 2018.

CARDOSO, W. Os obstáculos epistemológicos segundo Gaston Bachelard. **Revista Brasileira de História da Ciência**. São Paulo, v.1, n.1, p. 19-27, 1985.

Cardoso, W. **Os obstáculos epistemológicos segundo Gaston Bachelard**. Revista Brasileira de História da Ciência, 1, p. 19–27, 1983

CARMO, J. M. Desenvolvimento de um modelo de análise das perspectivas da Ciência, do Indivíduo e da Sociedade no Ensino de Ciências. **Revista Electrónica Educare**, [s.l.], v. 21, n. 1, p.1-15, 6 dez. 2016. Universidad Nacional de Costa Rica. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.15359/ree.21-1.16>. Acesso em: 16 abr. 2018

CARVALHO, A. M. P. O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: CARVALHO, Anna Maria Pessoa de et al (Org.). **Ensino de Ciências por Investigação: Condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013. Cap. 1. p. 01-20.

_____. (Org.). **Ensino de Física**. São Paulo: Cengage Learning, 2010. 158 p.

_____ et al (Org.). **Ensino de Ciências por Investigação**: Condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013. 152 p.

CHALMERS, A. F. **O que é ciência afinal?** São Paulo: Brasiliense, 1993. 225 p.

CHASSOT, A. **Alfabetização científica**: questões e desafios para educação. 2. ed. Ijuí: Editora Ijuí, 2001.

CHIBENI, S. **O que é ciência?** Disponível em: <http://www.unicamp.br/~chibeni/textosdidaticos/ciencia.pdf>. Acesso em: 04 jan. 2017.

CUPANI, A.; PIETROCOLA, M.. A relevância da epistemologia de Mario Bunge para o ensino de ciências. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 19, n. 1, p.97-122, jan. 2002. Disponível em: http://sites.usp.br/nupic/wp-content/uploads/sites/293/2016/05/Cupani_Alberto-RELEVANCIA_DA_EPISTEMOLOGIA_DE_MARIO_BUNGE_PARA_O_ENSINO-DE_CIENCIAS.pdf. Acesso em: 19 set. 2017.

D'ANCONA, M. **Pós-Verdade**: A Nova Guerra Contra os Fatos em Tempos de Fake News. Barueri: Faro Editorial, 2018. 142 p.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. **Metodologia do Ensino de Ciências**. São Paulo: Cortez, 1991. 207 p.

DEMO, P. **Educação e Alfabetização Científica**. 1. ed. São Paulo: Papirus, 2014.

ECO, U. **Como se faz uma tese**. 26. ed. São Paulo: Perspectiva, 2016.

EL-HANI, C. N., MORTIMER, E. F. Multicultural education, pragmatism, and the goals of science teaching. **Cultural Studies of Science Education**, 2, 657-702. 2007

ESTEVES, et al. Conceito de cultura científica a partir de concepções da literatura científica e de profissionais da área de divulgação, educação e pesquisa científica. VI Encontro nacional de pesquisa em educação em ciências, 6., 2007, Florianópolis. In: **ENPEC, 6.; Anais...** Florianópolis: Abpec, 2007. Disponível em: <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/vienpec/CR2/p1093.pdf>. Acesso em: 02 dez. 2015.

ESCOBAR, H. **Replicabilidade ameaçada**: “receitas” da ciência não estão funcionando, dizem pesquisadores. 2014. Disponível em:

<https://ciencia.estadao.com.br/blogs/herton-escobar/replicabilidade-ameacada>

Acesso em: 05 jan. 2018.

FAPESP. **Mapa da Ciência SP**. 2017. Disponível em: <http://revistapesquisa.fapesp.br/2017/03/07/mapa-da-ciencia-sp>. Acesso em: 23 mar. 2017.

FARADAY, M. **A História química de uma vela e As forças da matéria**. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora Contraponto, 2017. 227 p.

FATOS DESCONHECIDOS. **A verdadeira cor do Sol é azul**. Disponível em: <https://www.facebook.com/Desconhecidos.Fatos/posts/634301823290184:0>. Acesso em: 28 jan. 2017.

FAUSTO, S. et al. Research Blogging: Indexing and Registering the Change in Science 2.0. **Plos One**: Plos One, v. 7, n. 12, p.1-10, 12 dez. 2012. Public Library of Science (PLOS). Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article/file?id=10.1371/journal.pone.0050109&type=printable>. Acesso em: 04 jan. 2018.

FERREIRA, L. N. A.; QUEIROZ, S. L. Textos de Divulgação Científica no Ensino de Ciências: uma revisão. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, Florianópolis, v. 5, n. 1, p.3-31, mai. 2012.

FEYNMAN, R. P. **Os melhores textos de Richard P. Feynman**. Tradução de: Jeffrey Robbins. São Paulo: Blucher, 2015. 290 p.

FONSECA, D. M. A pedagogia científica de Bachelard: uma reflexão a favor da qualidade da prática e da pesquisa docente. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 34, n. 2, p.361-370, maio 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ep/v34n2/10.pdf>. Acesso em: 05 fev. 2018.

FOUREZ, G. Crise no ensino de ciências? **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p.109-123, 2003. Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID99/v8_n2_a2003.pdf. Acesso em: 10 abr. 2016.

_____. **A Construção das Ciências:** Introdução à Filosofia e à Ética das Ciências. São Paulo: Editora Unesp, 1995. 317 p

FRANCELIN, M. M. **Ciência, senso comum e revoluções científicas: ressonâncias e paradoxos.** Ciência da Informação 2004, vol.33, n.3, p.26-34.

FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido.** 14. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1983. 218 p.

_____. **Pedagogia da Autonomia:** saberes necessários à prática educativa. 52. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2015. 143 p.

FREUD, S. **O futuro de uma ilusão & o mal-estar na cultura.** Porto Alegre: L&PM, 2018. 208 p.

GASSET, J. O. **Ideias e Crenças.** Campinas: Vide Editorial, 2018. 289 p.

GEHLEN, S. T. et al. O pensamento de Freire e Vygotsky no ensino de Física. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 7, n. 2, p.76-98, 2012. Disponível em: http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID184/v7_n2_a2012.pdf. Acesso em: 10 dez. 2016.

GERMANO, M. G.; KULESZA, W. A. Ciência e senso comum: entre rupturas e continuidades. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 27, n. 1, p.115-135, abr. 2010. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2010v27n1p115/12388>. Acesso em: 08 set. 2017.

GIL-PEREZ, D. et al. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 2, p.125-153, 2001. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v7n2/01.pdf>. Acesso em: 06 fev. 2018.

GIL-PEREZ, D. Importância da Educação Científica na Sociedade Atual. In: PEÑA, A. V. et al (Org.). **A necessária renovação do ensino das ciências.** São Paulo: Cortez Editora, 2005. Cap. 1, p. 22.

GLEISER, M. **Perguntar é preciso**. 2000. Disponível em: <http://www1.folha.uol.com.br/fsp/ciencia/fe1203200005.htm>. Acesso em: 09 jan. 2018.

_____. Os Átomos. In: GLASER, M.; **Mundos Invisíveis**. 1ª ed. São Paulo: Editora Globo, 2008.

GODIN, Y.; GINGRAS, B. What is scientific and technological culture and how is it measured? A multidimensional model. **Public Understand. Sci.**, Reino Unido, v. 9, n. 1, p. 43-58, jan./2000. Disponível em: https://archipel.uqam.ca/491/1/Sci_cult_Pub_Und_sc.PDF. Acesso em: 12 nov. 2007.

GOLDACRE, Ben. **Ciência picareta**. Tradução de Renato Rezende. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2013. 378 p.

GOMES, H. J. P; OLIVEIRA, O. B. Obstáculos epistemológicos no ensino de ciências: um estudo sobre suas influências nas concepções de átomo. **Ciências & Cognição**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 1, p.96-109, dez. 2009.

GONÇALVES, F. C.; SCHNEIDER, S. G. Análise do método de investigação de informações e da presença de elementos cultura científica de alunos do ensino médio. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 17; 2017, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: Univap, 2017. v. 1, p. 1 - 6. Disponível em: <http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2017/anais/arquivos/0752_0662_01.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2017.

GOUW, A. M. S. **As opiniões, interesses e atitudes dos jovens brasileiros frente à ciência**: uma avaliação em âmbito nacional. 2013. 1 v. Tese (Doutorado em Educação) Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/48/48134/tde-08102013-154326/pt-br.php>. Acesso em: 27 nov. 2016.

INSTITUTO PRÓ-LIVRO (IPL). **Retratos da Leitura no Brasil**: 4ª ed. 2015.

Disponível em:

http://prolivro.org.br/home/images/2016/Pesquisa_Retratos_da_Leitura_no_Brasil_-_2015.pdf. Acesso em: 19 fev. 2018.

JANERINE, A.S.; LEAL, M. C. Visões sobre Ciência, Cientista e Método Científico entre os licenciandos em química da Universidade Federal de Lavras. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 8., 2011, Campinas. Resumos. Campinas: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 2011. Disponível em: <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R0364-1.pdf> Acessado em: 07 de out. de 2016.

KEMPER, A.; ZIMMERMANN, E.; GASTAL, M. L. A. In: **6.; ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS**, 2007, Florianópolis. Atas... Florianópolis, 2007

KESSLER, S. L. **O ensino da física moderna no ensino médio: Necessidades e Dificuldades no Oeste Catarinense**. 2008. 212 f. Dissertação (Mestrado em Educação), Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008. Disponível em: <http://tede2.pucrs.br/tede2/bitstream/tede/3321/1/401603.pdf>. Acesso em: 09 jan. 2018.

KNOBEL, M. Ciência e pseudociência. **Física na Escola**, v. 9, n. 1, p.6-9, 2008. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol9/Num1/pseudociencia.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2017.

KOSMINSKY, L.; GIORDAN, M. Visões de ciência e sobre o cientista de alunos do ensino médio. **Química Nova na Escola**, S.l., v. 1, n. 15, p.11-18, fev. 2002.

KRASILCHIK, M. Reformas e realidade: o caso do ensino de ciências. **São Paulo em Perspectiva**, São Paulo, v. 14, n. 1, p.85-93, 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/spp/v14n1/9805.pdf>. Acesso em: 06 set. 2016.

LARAIA, R. B. **Cultura**: um conceito antropológico. 28ª reimpressão. Rio de Janeiro: Zahar, 2017.

LARSON, E. J.. **Um império de gelo**: Scott, Shackleton e a idade heroica da ciência na Antártica. Porto Alegre: L&PM, 2017. 352 p.

LASTRES, H. M. M. et al. Desafios e oportunidades da era do conhecimento. **São Paulo em Perspectiva**, São Paulo, v. 16, n. 3, p.60-66, set. 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/spp/v16n3/13562.pdf>. Acesso em: 05 jan. 2018.

LATALLE, Y; OLIVEIRA, M. K.; DANTAS, H. **Piaget, Vygotsky, Wallon**: Teorias psicogenéticas em discussão. 26. ed. São Paulo: Summus, 1992. 117 p.

LATOUR, B. **Ciência em ação**: como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora. 2. ed. São Paulo: Editora Unesp, 2011. 460 p.

LIVIO, M. **Por quê?**: O que nos torna curiosos. Tradução: Catharina Pinheiro. Rio de Janeiro: Editora Record, 2018. 251 p.

LOPES, A. R. C. Bachelard: o filósofo da desilusão. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 13, n. 3, p.248-273, dez. 1996. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/7049/6525>>. Acesso em: 03 fev. 2017.

LORDÊLO, F. S; PORTO, C. M. Divulgação científica e cultura científica: conceito e aplicabilidade. **Revista Ciência em Extensão**, Bauru, v. 1, n. 8, p.18-34, 2012.

LORENZETTI, L.; DELIZOICOV, D. Alfabetização científica no contexto das séries iniciais. **Ensaio**: Pesquisa em Educação em Ciências, Belo Horizonte, v. 3, n. 1, p.45-61, jan. 2001. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/epec/v3n1/1983-2117-epec-3-01-00045.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2017.

LUI, L. Canguilhem e as ciências da vida. **Physis**: Revista de Saúde Coletiva, [s.l.], v. 25, n. 2, p.679-683, jun. 2015. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/physis/v25n2/0103-7331-physis-25-02-00679.pdf>. Acesso em: 09 nov. 2017.

MANACORDA, M. A. **O Princípio Educativo em Gramsci**. 2. ed. São Paulo: Alínea, 2013. 313 p.

MARTINS, A. P. F. Algumas contribuições da epistemologia de Gaston Bachelard à pesquisa em ensino de ciências. In: encontro nacional de pesquisa em educação em ciências, 6., 2007, Florianópolis. **Anais do VI Enpec**. Florianópolis: Abrapec, 2007. p.

1 - 29. Disponível em: <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/vienpec/CR2/p29.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2018.

MARTINS, I. P. Ciência, público e compreensão pública da ciência. **Interacções**, Algarve, v. 11, n. 39, p.36-48, mar. 2016. Disponível em: <https://revistas.rcaap.pt/interaccoes/article/view/8721>. Acesso em: 04 jan. 2018.

MASSARANI, L. et al. **Guia de divulgação científica**. Rio de Janeiro: Scidev.net, 2004. Disponível em: http://www.redpop.org/wp-content/uploads/2015/06/Guia_Divulgacao_Cientifica.pdf. Acesso em: 09 jan. 2018

MENEGAT, T. M. C.; CLEMENT, L.; TERRAZZAN, E. A. Textos de divulgação científica em aulas de física: uma abordagem investigativa. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 6., 2007, Florianópolis. Atas... Florianópolis, 2007.

MICROSOFT POWERPOINT. In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2017. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Microsoft_PowerPoint&oldid=55095151. Acesso em: 09 jan. 2017.

MICROSOFT. **Microsoft Forms**. Disponível em: <https://forms.office.com>. Acesso em: 25 jan. 2019.

MILLER, D. I. et al. The Development of Children's Gender-Science Stereotypes: A Meta-analysis of 5 Decades of U.S. Draw-A-Scientist Studies. **Child Development**, v. 89, n. 6, p.1943-1955, nov. 2018. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/cdev.13039>. Acesso em: 09 dez. 2018.

MONTEIRO, M.A; NARDI, R.; BASTOS FILHO, J.B . Dificuldades dos professores em introduzir a física moderna no ensino médio: a necessidade de superação da racionalidade técnica nos processos formativos. In: NARDI, R. (Org.). **Ensino de ciências e matemática, I: temas sobre a formação de professores**. São Paulo: Editora Unesp, 2009. Cap. 9. p. 145-159.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. **Aprendizagem Significativa**: A teoria de David Ausubel. 2. ed. São Paulo: Centauro, 2001. 111 p.

MORIN, E. **Os sete saberes necessários à educação do futuro**. 2. ed. São Paulo: Editora Cortez, 2011. 102 p.

MORTIMER, E. F. Construtivismo, Mudança Conceitual e Ensino de Ciências: Para Onde Vamos?. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 1, n. 1, p. 20-39, 1996.

_____. Pressupostos epistemológicos para uma metodologia de ensino de química: mudança conceitual e perfil epistemológico. **Química Nova**, São Paulo, v. 15, n. 3, p.242-249, 1992.

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P.; EL-HANI, C. N. Bases teóricas e epistemológicas da abordagem dos perfis conceituais. **Tecné Episteme y Didaxis: TED**, n. 30, 27 jul. 2011.

NASCIMENTO, V. B.; CARVALHO, A. M. P. A natureza do conhecimento científico e o ensino de ciências. **Anais..** In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 6., 2007. Florianópolis, SC: [s.n.], 2008.

NIGHTINGALE, S. J.; WADE, K. A.; WATSON, D. G.. Can people identify original and manipulated photos of real-world scenes? **Cognitive Research: Principles and Implications**, v. 2, n. 1, p.1-20, 18 jul. 2017. Springer Nature. Disponível em: <https://cognitiveresearchjournal.springeropen.com/articles/10.1186/s41235-017-0067-2>. Acesso em: 25 jul. 2017.

NOGUEIRA, S. Astronomia, a Lua cheia e os bebês. 2015. Disponível em: <http://mensageirosideral.blogfolha.uol.com.br/2015/09/14/astronomia-a-lua-cheia-e-os-bebes>. Acesso em: 22 jan. 2017.

OLINTO, H. K.; SCHØLLHAMMER, K. E. (Orgs.). **Literatura e cultura**. 1. ed. Rio de Janeiro: Ed da PUC-Rio, 2008.

OLIVEIRA, A. J. A Obra Científica de Leonardo da Vinci: Controvérsias na Historiografia da Ciência. **Transformação**, Marília, v. 39, n. 2, p.53-86, abr. 2016.

Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/trans/v39n2/0101-3173-trans-39-02-0053.pdf>. Acesso em: 09 nov. 2017.

PAUMGARTTEN, F. J. R. Sobre a alegada eficácia anticâncer da pílula de fosfoetanolamina, fragilidade da evidência científica e preocupações éticas. **Vigilância Sanitária em Debate**: Sociedade, Ciência & Tecnologia, Rio de Janeiro, v. 3, n. 4, p.4-12, jan. 2016. Disponível em: [http://www.siga.fiocruz.br/arquivos/ss/documentos/editais/2_1-ARTIGO_VISA .pdf](http://www.siga.fiocruz.br/arquivos/ss/documentos/editais/2_1-ARTIGO_VISA.pdf). Acesso em: 05 fev. 2018.

PIAGET, J. **O desenvolvimento do pensamento**: equilíbrio das estruturas cognitivas. Lisboa: Dom Quixote, 1977.

PILATI, R. **Ciência e pseudociência**: Porque acreditamos naquilo em que queremos acreditar. São Paulo: Contexto, 2018. 160 p.

PIMENTEL, B. **Medindo aqui e ali**. 2013. Disponível em: <http://chc.org.br/medindo-aqui-e-ali>. Acesso em: 24 jan. 2018.

CASEMIRO, P. **Com repasse de R\$ 40 milhões, Inpe tem menor verba em dez anos e tenta driblar falta de recursos**. 2018. Disponível em: <<https://g1.globo.com/sp/vale-do-paraiba-regiao/noticia/com-repasse-de-r-40-milhoes-inpe-tem-menor-verba-em-dez-anos-e-tenta-driblar-falta-de-recursos.ghtml>>. Acesso em: 14 set. 2018.

POMBO, O. **Apontamentos sobre o conceito de epistemologia e o enquadramento categorial da diversidade de concepções de ciência**. 1998. Disponível em: http://webpages.fc.ul.pt/~ommartins/investigacao/cat_epist.htm. Acesso em: 20 mar. 2018.

PORTO, C. M. Um olhar sobre a definição de cultura e de cultura científica. In: PORTO, C. M.; BROTAS, A. M. P.; BORTOLEIRO, S. T. (Org.). **Diálogos entre ciência e divulgação científica**: leituras contemporâneas. Salvador: Edufba, 2011. p. 93-122.

PORTO, C. M.; BROTAS, A. M. P.; BORTOLIERO, S. T. (Org.). **Diálogos entre ciência e divulgação científica: leituras contemporâneas**. Salvador: Edufba, 2011. 240 p. Disponível em: <http://books.scielo.org/id/y7fvr>. Acesso em: 05 fev. 2017.

POZO, J. I.; CRESPO, M. A. G. **A Aprendizagem e o Ensino de Ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 296 p.

REID, D. J.; HODSON, D. **Ciencia para todos en Secundaria**. 1. ed. Madrid: Narcea Ediciones, 1993.

REVISTA GALILEU. **Veja como eram as apresentações da NASA antes do Power Point**. Disponível em: <http://revistagalileu.globo.com/Ciencia/noticia/2016/06/veja-como-eram-apresentacoes-da-nasa-antes-do-power-point.html>. Acesso em 27 jan. 2017.

REVISTA PESQUISA FAPESP. São Paulo. **Mapa da Ciência SP**. 2017. Disponível em: <http://revistapesquisa.fapesp.br/2017/03/07/mapa-da-ciencia-sp>. Acesso em: 23 mar. 2017.

REVISTA PESQUISA FAPESP. **A prova final da fosfoetanolamina**. 2016. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/2016/05/17/a-prova-final-da-fosfoetanolamina>. Acesso em: 23 mar. 2017

RODRIGUES, H. W; GRUBBA, L. S. Bachelard e os Obstáculos Epistemológicos à Pesquisa Científica do Direito. **Sequência**: estudos jurídicos e políticos, v. 33, n. 64, p.307-333, 26 jul. 2012. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/sequencia/article/view/22660>. Acesso em: 07 nov. 2017.

ROSA, K.; MARTINS, M. C. M. O que é alfabetização científica, afinal? In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 17., 2007, São Luiz do Maranhão. **Anais...**. São Luiz do Maranhão: Sociedade Brasileira de Física, 2007. p. 1 - 9. Disponível em: <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvii/sys/resumos/T0011-1.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2016.

SABER CIÊNCIA. **O que é a ciência?** Disponível em: <https://saberciencia.tecnico.ulisboa.pt/artigos/o-que-e-a-ciencia-01.php>. Acesso em: 05 fev. 2018.

SÃO PAULO. Secretaria de Educação do Estado. **Currículo Oficial do Estado de São Paulo**. São Paulo: Imprensa Oficial, 2013.

SASSERON, L. H. Alfabetização científica e documentos oficiais brasileiros: um diálogo na estruturação do ensino de Física. In: CARVALHO, A. M. P. et al. **Ensino de Física**. São Paulo: Cengage Learning, 2010. Cap. 1. p. 1-28.

SCHMIDT, Paulo; SANTOS, José Luiz dos. O pensamento epistemológico de Karl Popper. **Contexto**, Porto Alegre, v. 7, n. 11, p.1-15, jan. 2007.

SCIENTIFIC AMERICAN. In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2018b. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Scientific_American&oldid=55221632. Acesso em: 21 mai. 2018

SILVA, G. B.; FELICETTI, V. L. Habilidades e competências na prática docente: perspectivas a partir de situações-problema. **Educação Por Escrito**, Porto Alegre, v. 1, n. 5, p.17-29, jan. 2014. Disponível em: <http://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/porescrito/article/view/14919>. Acesso em: 18 abr. 2017.

SILVEIRA, F. L. A Lua e os bebês. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 29, n. 170, p.47-47, abr. 2001. Disponível em: https://www.if.ufrgs.br/~lang/Textos/Lua_bebes.pdf. Acesso em: 10 set. 2011.

_____. Marés, fases principais da Lua e bebês. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 20, n. 1, p.1-19, abr. 2003. Disponível em: https://www.if.ufrgs.br/~lang/Textos/Fases_da_Lua_bebes.pdf. Acesso em: 20 jan. 2017.

SOUZA JÚNIOR, J. P. **Ensino da física e senso comum**: as idéias prévias dos alunos do ensino médio e a aprendizagem de física. 2006. 86 f. Dissertação (Mestrado

em Educação), Universidade Nove de Julho, São Paulo, 2006. Disponível em: <http://bibliotecatede.uninove.br/handle/tede/583>. Acesso em: 28 abr. 2016.

STRACK, R.; LOGUERCIO, R.; DEL PINO, J. C. Percepções de professores de ensino superior sobre a literatura de divulgação científica. **Ciência e Educação**, v. 15, n. 2, p. 425- 442, 2009.

SZCZEPANIK, G. A concepção de método científico para Mário Bunge. **Revista Guaraicá**, Guarapuava, v. 1, n. 27, p.09-30, fev. 2011. Disponível em: <https://revistas.unicentro.br/index.php/guaiaraca/article/view/2418/2016>. Acesso em: 22 jan. 2018.

TAKATA, R. **Refutando mitos**: como evitar o 'tiro pela culatra'. 2017. Disponível em: http://www.blogs.ea2.unicamp.br/pt_BR/blog/refutando-mitos-como-evitar-o-tiro-pela-culatra. Acesso em: 15 jun. 2017.

TOLENTINO NETO, L. C. B. de. **Os interesses e posturas de jovens alunos frente às ciências**: resultados do Projeto ROSE aplicado no Brasil. 2008. 380 f. Tese (Doutorado em Educação), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/48/48134/tde-16062008-155323/pt-br.php>. Acesso em: 07 jan. 2017.

TOULMIN, S. E. **Os usos do argumento**. Tradução de Reinaldo Guarany. 2. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2006. 372 p.

3M INSTITUTE. **3M State of Science Index**. 2018 Global Report. Disponível em: <https://multimedia.3m.com/mws/media/1515295O/presentation-3m-state-of-science-index-2018-global-report-pdf.pdf>. Acesso em: 30 abr. 2018.

TRIVELATO, S. F.; SILVA, R. L. F. **Ensino de Ciências**. São Paulo: Cengage Learning, 2011. 135p.

TROCANDO FRALDAS. **Mudança de Lua e Sua Influência Para o Parto**. Disponível em: <https://www.trocandofraldas.com.br/mudanca-de-lua-e-sua-influencia-para-o-parto>. Acesso em 27 jan. 2017.

Tulviste, P. The cultural-historical development of verbal thinking (M. J. C. Hall, Transl.). New York, NY: Nova Science. 1991

UNIFESP. **Riscos Biológicos Guia Técnico. Os riscos biológicos no âmbito da Norma Regulamentadora Nº. 32.** Disponível em: https://www.unifesp.br/reitoria/dga/images/legislacao/biosseg/guia_tecnico_cs3.pdf. Acesso em: 9 jan. 2018.

VAIRO, A. C.; REZENDE FILHO, L. A. C. Perfil conceitual como tema de pesquisa e sua aplicação em conteúdos de biologia. **Revista Ensaio**, v.15, n.1, p.193-208, 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/epec/v15n1/1983-2117-epec-15-01-00193.pdf>. Acesso em: 25 maio. 2018.

VALE, J. M. F. Educação Científica e sociedade. In: NARDI, R. et al (Org.). **Questões atuais no ensino de ciências**. 2. ed. São Paulo: Escrituras Editora, 2009. Cap. 4. p. 72-81.

VOGT, C. **A Espiral da Cultura Científica**. São Paulo: Fapesp, 2005. 33 p.
_____. (Org.). **Cultura Científica: Desafios**. São Paulo: Edusp, 2006. 321 p.

VOGT, C; MORALES, A. P. **Espiral, cultura e cultura científica**. 2003. Disponível em: <http://www.comciencia.br/espiral-cultura-e-cultura-cientifica/>. Acesso em: 3 mar. 2018.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**. 7. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007. 182 p.

_____. **Pensamento e linguagem**. Tradução de Jefferson Luiz Camargo. 4. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2011. 194 p.

WALDHELM, M. C. V. **Como aprendeu quem hoje produz ciência?: o papel dos professores de ciências na trajetória acadêmica e profissional de pesquisadores da área de ciências naturais**. 2007. 244 f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências), Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro, 2007.

WESTPHAL, M.; PINHEIRO, T.C. A epistemologia de Mario Bunge e sua contribuição para o ensino de ciências. **Ciência e Educação**, Bauru, v. 10, n. 3, p.585-596, jun.

2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v10n3/19.pdf>. Acesso em: 05 set. 2017.

XAVIER, M. E. R.; KERR, A. S. A análise do efeito estufa em textos para-didáticos e periódicos jornalísticos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 21, n. 3, p. 325-349, 2004.

ZABALA, A.; ARNAU, L. **Como aprender e ensinar competências**. Porto Alegre: Artmed, 2010. 197 p.

ZAMBONI, L. M. S. **Cientistas, jornalistas e a divulgação científica**: subjetividade e heterogeneidade no discurso da divulgação científica. Campinas: Autores Associados, 2001. 167 p.

ZANON, D. A. V.; MACHADO, A. T. A visão do cotidiano de um cientista retratada por estudantes iniciantes de licenciatura em química. **Ciências & Cognição**: Revista interdisciplinar de estudos da cognição, Rio de Janeiro, v. 18, n. 1, p.46-56, abr. 2013. Disponível em: <http://www.cienciasecognicao.org/revista/index.php/cec/article/view/783/pdf>. Acesso em: 04 set. 2017.

ZOMPERO, A. F.; LABURU, C. E. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, p.67-80, jul. 2011. Disponível em: <http://www.portal.fae.ufmg.br/seer/index.php/ensaio/article/view/309>. Acesso em: 03 dez. 2016.

ZYLBERSZTAJN, A. Concepções espontâneas em Física - exemplos em dinâmica e implicações para o ensino. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 5, n. 1, p.3-16, dez. 1983. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/vol05a09.pdf>. Acesso em: 07 abr. 2016.

Apêndice A – Modelo de questionário para a identificação das tendências epistemológicas de natureza da ciência e de levantamento de elementos da cultura científica

Questionário 1 – Tendências epistemológicas e visões de ciência de alunos do ensino médio

Seção 1 – A relação entre os saberes científicos

1. Marque a opção correspondente ao seu nível de concordância a respeito de cada uma das afirmações a seguir:

	Afirmativas	Escala				
		1	2	3	4	5
I.	O conhecimento científico é o único conhecimento que pode ser considerado verdadeiro.					
II.	Os métodos de pesquisa e a forma como os conhecimentos são discutidos pelos cientistas, são os mesmos utilizados pelos cientistas em qualquer área do conhecimento.					
III.	O conhecimento científico sempre é dividido em exatas, humanas e biológicas.					
IV.	Em geral, um cientista é aquele que se dedica a pesquisas relacionadas com áreas da física, da química e da matemática.					
V.	Os laboratórios e núcleos de pesquisas possuem equipes interdisciplinares de cientistas.					
VI.	Os conhecimentos de uma determinada área do conhecimento raramente são aplicados em outras áreas.					
VII.	Todo novo conhecimento científico sempre resulta na melhoria de vida da população.					
VIII.	Elementos como: pergunta, levantamento e teste de hipóteses e conclusão pertencem a qualquer pesquisa científica, independentemente da área do conhecimento envolvida					

Seção 2 – A evolução do conhecimento científico

2. Um novo conhecimento científico:

- Sempre está relacionado com conhecimentos científicos anteriores
- Pode ser obtido a partir de novas concepções, sem necessariamente, estar associado a um conhecimento anterior
- É resultado do constante aperfeiçoamento de teorias anteriores
- Pode ser uma ruptura no saber científico, especialmente quando esse novo conhecimento contrapõe teorias já estabelecidas anteriormente
- Não sei

3. Marque a opção correspondente ao seu nível de concordância a respeito de cada uma das afirmações a seguir:

Afirmativas		Escala				
		1	2	3	4	5
I.	O conhecimento científico aumenta (ou evolui) sempre quando se acumulam conhecimentos suficientes para que uma nova descoberta ocorra					
II.	Todo conhecimento científico é resultado de conhecimentos científicos anteriores					
III.	O conhecimento científico evolui quando se rompe, isto é, mostra que os conhecimentos aceitos até então eram incorretos ou insuficientes					
IV.	Se houver uma ruptura no conhecimento científico quando uma nova teoria é apresentada, então, tudo aquilo que foi obtido a partir da teoria antiga torna-se inválido					

Seção 3 – A verdade científica

-
4. Quando uma nova teoria é proposta, ela representa necessariamente
- a) Uma maior aproximação da verdade em comparação com as teorias anteriores, isto é, ela complementa e avança o conhecimento científico em direção a uma verdade absoluta
 - b) Uma forma mais abrangente de ver o mundo, isto é, uma nova forma de compreendê-lo e explicá-lo sob o ponto de vista científico
5. Em seu entendimento, o conhecimento científico, à medida que evolui:
- a) Chega mais próximo de uma verdade absoluta, onde um conhecimento torna-se irrefutável.
 - b) Compreende apenas uma nova forma de ver o mundo, cuja aproximação da verdade não é mais importante do que as novas explicações obtidas.
6. O conhecimento científico que possuímos atualmente é uma verdade que nunca será alterada?
- a) Sim b) Não
7. Você concorda com a afirmação: "todo conhecimento científico é provisório"?
- a) Sim b) Não

8. Existe algum conhecimento científico que podemos considerar como absoluto, isto é, que nunca mais será modificado? Escreva um texto explicando a sua resposta.

Seção 4 – O cientista e a sociedade

9. Sobre o interesse do cientista em pesquisar determinado assunto, você afirmaria que:
- a) Um cientista não sofre influências de qualquer pessoa, grupo político ou autoridade ao definir o que irá pesquisar.
 - b) Um cientista sofre pressões relacionadas a interesses sociais e políticos, mas sempre caberá a ele decidir o que irá pesquisar.
 - c) Um cientista pode receber influências relacionadas com interesses sociais ou políticos e partir disso, definir aquilo que irá pesquisar.
 - d) Um cientista sempre realizará pesquisas relacionadas com os interesses políticos, econômicos e ideológicos da sociedade, independentemente de sua vontade
10. A comunidade científica escolhe seu objeto de pesquisa a partir de interesses próprios, independentemente de sua urgência ou importância social?
- a) Sim b) Não
11. Em geral, você considera que a ciência e o trabalho do cientista:
- a) São praticados de maneira independente dos interesses sociais ou políticos.
 - b) Dependem dos interesses (de qualquer espécie) de um ou mais grupos sociais ou políticos.
12. Os institutos de pesquisa científica vinculados aos governos estaduais ou ao governo federal são criados para:
- a) Atender especialmente as necessidades e desejos dos cientistas
 - b) Propiciar melhores condições de trabalho para os cientistas, de modo que estes possam produzir mais conhecimentos e beneficiar a população
 - c) Permitir que o conhecimento científico seja desenvolvido e aplicado de acordo com a necessidade de cada região ou país
 - d) Potencializar as capacidades de trabalho dos cientistas, de modo que eles possam desenvolver seus estudos naquilo que mais se interessarem

13. A comunidade científica escolhe seu objeto de pesquisa a partir de interesses próprios, independentemente de sua urgência ou importância social?

b) Sim b) Não

Questionário 2 – Identificação de elementos da cultura científica em alunos do ensino médio

Seção 1 – Sobre você

-
1. Qual é a sua idade?
- a) 14 anos ou menos
 - b) 15 anos
 - c) 16 anos
 - d) 17 anos
 - e) 18 anos ou mais
-
2. Você possui smartphone?
- a) Sim, com o sistema operacional Android
 - b) Sim, com o sistema operacional iOS
 - c) Sim, com outro sistema operacional
 - d) Não possui smartphone
-
3. Em seu ensino fundamental, você estudou
- a) Todo o período em escola pública (municipal, estadual ou federal)
 - b) Parcialmente em escolas públicas (municipais, estaduais ou federais) e em escolas privadas
 - c) Todo o período em escolas privadas
-
4. Desconsiderando os materiais didáticos (como as apostilas), quantos livros existem em sua casa?
- a) Nenhum
 - b) Entre 1 e 10
 - c) Entre 11 e 20
 - d) Entre 21 e 30
 - e) Entre 31 e 40
 - f) Mais de 40
-
5. Em qual série/ano você está cursando atualmente?
a) 1º ano do ensino médio	b) 2º ano do ensino médio
-
6. Com relação aos itens a seguir, marque todos aqueles que você utiliza pelo menos uma vez por dia (*Marque mais de uma opção se este for o seu caso*).
- 7.
- a) Internet banda larga em sua residência
 - b) Internet 2G/3G/4G em seu telefone celular ou tablet
 - c) Televisão apenas com os canais abertos
 - d) Televisão por assinatura
 - e) Computador, notebook ou tablet para pesquisas ou entretenimento
 - f) Aparelho de rádio AM/FM

Seção 2 – Seus interesses pela ciência

8. Você acessa ESPONTANEAMENTE sites ou lê ESPONTANEAMENTE revistas ou artigos que falam sobre os conhecimentos científicos?

- a) Sim b) Não
-

9. Se respondeu "sim" à pergunta anterior, por favor, responda com qual frequência você lê espontaneamente sobre temas relacionados as ciências.

- a) Menos de uma vez por semana
b) Pelo menos uma vez por semana
c) Uma vez por dia
d) Mais de uma vez por semana
e) Uma vez por mês
-

10. Você conversa sobre ciência com seus amigos fora do ambiente escolar?
Entende-se como ambiente escolar o interior do prédio onde há o convívio de alunos, como salas de aula, laboratórios, pátios ou portões de acesso.

- a) Sim b) Não
-

11. Quais revistas de divulgação científica você conhece ou já ouviu falar?
Marque mais de uma opção se este for o seu caso

- a) Galileu
b) Superinteressante
c) Scientific American Brasil
d) Ciência Hoje
e) Ciência Ilustrada
f) National Geographic Brasil
g) Popular Science Brasil
h) Não conheço nenhuma revista de divulgação das ciências
-

12. Você assiste programas em canais de TV ou na internet documentários ou programas sobre ciência e tecnologia?

- a) Sim b) Não
-

13. Você segue algum canal de divulgação científica no YouTube? Se sim, escreva o nome de todos aqueles que conseguir recordar.

14. Você segue a página de alguma instituição de pesquisa em redes sociais como Instagram, Facebook, Twitter, etc.? Se sim, liste todos aquelas que recordar.

15. Você é seguidor de algum cientista em redes sociais como Instagram, Facebook, Twitter, etc.? Se sim, escreva o nome de todos aqueles que conseguir recordar.

16. Quantos aplicativos relacionados com temas de ciência você instalou em seu telefone celular ou tablet nos últimos 12 meses?

- a) Nenhum d) Mais de 10
b) Entre 1 e 5 e) Não tenho smartphone ou tablet

17. Você já leu algum livro biográfico de um(a) cientista(a)

- a) Sim b) Não

18. Você já leu algum livro que descreve ou aprofunda um ou mais temas científicos?

- a) Sim b) Não

Seção 3 – O acesso à informação sobre ciência

19. Marque para cada afirmativa a seguir o seu nível de concordância ou de discordância sobre o seu acesso às informações relacionadas com temas científicos

	Afirmativas	Níveis				
		1	2	3	4	5
I.	Eu sempre busco na internet informações a respeito de conceitos relacionados com a ciência.					
II.	Eu dificilmente verifico a veracidade de todas as informações que recebo.					
III.	Para mim, é muito fácil encontrar informações explicadas de maneira didática relacionadas com descobertas científicas					
IV.	Eu já li um artigo científico onde um cientista relata uma descoberta					
V.	Eu recorro a sites especializados em ciência e tecnologia quando quero me aprofundar sobre algum tema científico					
VI.	Quando eu necessito, encontro informações sobre os institutos de pesquisa científica localizados no Brasil					
VII.	Quando uma descoberta científica é noticiada, eu encontro facilmente informações que me permitem aprofundar as informações					
VIII.	Eu sei onde e como encontrar informações referentes as pesquisas científicas realizadas em universidades ou centros de pesquisas brasileiros.					

Seção 4 - Conhecimento de instituições e elementos da cultura científica

19. A seguir, estão listadas algumas instituições relacionadas de alguma forma com o desenvolvimento científico no Brasil. Marque a resposta correspondente ao seu nível de conhecimento sobre elas.

Afirmativas	Níveis		
	1	2	3
I. Academia Brasileira de Ciências			
II. Agência Espacial Brasileira			
III. CAPES			
IV. CNEM			
V. CNPq			
VI. DCTA			
VII. EMBRAPA			
VIII. Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP)			
IX. FioCruz			
X. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística			
XI. IPHAN			
XII. IMPA			
XIII. INMET			
XIV. Instituto Butantã			
XV. Instituto Adolfo Lutz			
XVI. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais			
XVII. IPEM			
XVIII. ITA			
XIX. LNA			
XX. PROANTAR			

20. Em geral, os cientistas divulgam os resultados de suas pesquisas para a apreciação de outros cientistas ou grupos de pesquisas científicas:

- a) Em jornais de grande circulação
- b) Em seus perfis pessoais em redes sociais
- c) Em artigos científicos publicados em revistas especializadas
- d) Em reportagens divulgadas na TV ou na internet

21. Escreva o nome de uma revista científica

22. Você já leu algum artigo científico?

- a) Sim
- b) Não

-
23. É um meio de divulgação e de discussão sobre os resultados de uma pesquisa científica preferencialmente utilizado por cientistas e pesquisadores:
- a) Seminários
 - b) Audiências públicas
 - c) Programas de televisão
 - d) Vídeos publicados na internet
 - e) Publicações em sites ou blogs pessoais
 - f) Reportagens em sites especializados em ciências
-
24. Marque os termos com os quais você está familiarizado, ou seja, conhece o seu significado: (*Marque mais de uma alternativa se este for o seu caso*)
- a) Pseudociência
 - b) Protociência
 - c) Ortociência
 - d) Nenhuma delas
-

Seção 5 - Divulgação científica na escola

25. Seus professores já utilizaram vídeos publicados na internet, que aprofundavam ou explicavam temas científicos discutidos durante as aulas?
- a) Sim b) Não
-
26. Algum professor já lhe deu orientações de como e onde checar a veracidade de informações?
- a) Sim b) Não
-
27. Algum professor já lhe indicou um autor ou produtor de conteúdo (em sites, blogs, redes sociais) que divulga a ciência?
- a) Sim b) Não
-
28. Sua escola possui acervo com revistas e livros de divulgação científica?
- a) Sim b) Não c) Não sei
-
29. Sua escola assina ou recebe periodicamente revistas de divulgação científica?
- a) Sim b) Não c) Não sei
-
30. Você acha que a escola discute de maneira satisfatória descobertas científicas e tecnológicas ou fenômenos naturais de grande repercussão?
- a) Sim b) Não
-
31. Você já leu ou utilizou durante as suas aulas algum material (como textos, vídeos e imagens) produzidos por alguma instituição brasileira de pesquisa científica?
- a) Sim b) Não
-
32. Você já leu algum material (como textos, vídeos e imagens) produzidos por alguma instituição brasileira de pesquisa científica relatando as pesquisas desenvolvidas por ela?
- a) Sim b) Não
-

Seção 6 – A cultura da ciência

33. Você sabe o que é uma agência de fomento?

- a) Sim b) Não
-

34. Existe uma categoria relacionada a confiança e a relevância que revistas científicas podem ter?

- a) Sim b) Não
-

Seção 7 - Conhecimento sócio histórico da ciência brasileira

35. São descobertas científicas realizadas por cientistas que nasceram no Brasil: (*Marque mais de uma alternativa se este for o seu caso*)

- a) O soro antiofídico
b) A doença de Chagas
c) A bradicinina
d) O méson pi
e) A fixação biológica do nitrogênio
f) A variação no brilho de Eta Carinae
g) A relação entre a infecção pelo zika vírus e a microcefalia
h) Métodos de contagem de neurônios em seres humanos
i) O etanol produzido a partir da cana de açúcar
j) Nenhuma delas
-

36. Escreva o nome de um cientista nascido em uma das cidades da região metropolitana do Vale do Paraíba, Litoral Norte e Serra da Mantiqueira.

37. Escreva o nome ou a sigla de um órgão governamental ligado à ciência e a tecnologia.

38. Você conhece ou já ouviu falar sobre a "Plataforma Lattes"?

- a) Sim b) Não
-

39. Se você respondeu "sim" à questão anterior, por favor, marque a afirmativa correspondente ao principal objetivo da "Plataforma Lattes"

- a) Mostrar a qualquer cidadão interessado os repasses e investimentos em ciência e tecnologia feitos pelo governo federal
b) Reunir dados de pesquisadores e de suas produções científicas
c) Auxiliar qualquer cidadão ou cidadã a apoiar projetos científicos de seu interesse, dando contribuições financeiras ou sugestões de temas para a pesquisa
d) Indicar textos ou artigos científicos sobre diversos assuntos relacionados com a ciência e a tecnologia
e) Informar a qualquer interessado sobre questões de natureza jurídica das práticas da ciência
-

Seção 8 - Implicações do conhecimento científico na sociedade

40. Para você, o conhecimento científico traz para a sociedade:

- a) Benefícios, somente
- b) Malefícios, somente
- c) Mais benefícios do que malefícios
- d) Mais malefícios do que benefícios
- e) Não sei/prefiro não responder
- f)

41. Para você, existe algum conhecimento científico que pode ser benéfico ou maléfico a depender de seu uso?

- a) Sim
 - b) Não
 - c) Não sei
-

42. De acordo com os seus conhecimentos, onde seria mais provável encontrarmos este símbolo? Qual ou quais conhecimentos científicos estão relacionados a ele? Por que é importante a disponibilização deste aviso?

Baseado em Vogt (2006); Godin e Gingras (2000), Allchin (2004).

Apêndice B – Roteiro da sequência didática de introdução a natureza da ciência aplicáveis a dois tempos de aula para cada tema

Tema	Objetivos	Roteiro de aula
O que é e como a ciência é praticada	<ul style="list-style-type: none"> • Conceituar a ciência • Mostrar a prática científica como empreendimento humano • Mostrar os métodos e práticas relacionados com o trabalho científico • Diferenciar ciência de pseudociência 	<p>Atividade de verificação de fatos: textos com informações falsas selecionados pelo docente em redes sociais ou sites, distribuídos para grupos de alunos que devem pesquisar e formar uma conclusão a respeito da veracidade da informação apresentada.</p> <p>- Discussão ou leitura direcionada do texto: SABER CIÊNCIA. O que é a ciência? Disponível em: http://saberciencia.tecnico.ulisboa.pt/artigos/o-que-e-a-ciencia-01.php. Acesso em: 20 fev. 2018.</p> <p>- Discutir:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quais são os objetivos da ciência • A pergunta como fator elementar para o progresso científico • Discutir os elementos metodológicos da ciência, especialmente o papel da hipótese científica • Discutir e exemplificar as pseudociências

Fonte: autoria própria.

Apêndice B – Roteiro da sequência didática de introdução a natureza da ciência aplicáveis a dois tempos de aula para cada tema

Tema	Objetivos	Roteiro de aula
Como a ciência é apresentada	<ul style="list-style-type: none"> • Discutir o desenvolvimento da pesquisa científica. • Discutir as formas de difusão do conhecimento científico, desde a academia até a sua divulgação para a sociedade. • Apresentar o artigo científico e suas seções gerais 	<p>Ler o texto: REVISTA PESQUISA FAPESP. A prova final da fosfoetanolamina. 2016. Disponível em: http://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2016/05/016_CAPA-Fosfo_243.pdf. Acesso em: 15 jan. 2018.</p> <p>Discutir as implicações do caso da fosfoetanolamina e a suas relações com o conhecimento científico, protocientífico e pseudocientífico.</p> <p>Apresentar o texto, apontando-o como elemento de divulgação de descobertas e de discussão entre os pares a respeito do conhecimento científico e elencando as suas principais características e diferenciações com relação a um texto de divulgação científica: CAETANO, N.A.O et al. A pesquisa com a fosfoetanolamina sintética como inibidor da progressão de tumores. Revista da Faculdade de Ciências Médicas de Sorocaba, Sorocaba, v. 19, n. 3, p.111-116, jul. 2017. Disponível em: http://revistas.pucsp.br/RFCMS/article/view/32929/pdf. Acesso em: 09 fev. 2018</p>

Fonte: autoria própria.

Apêndice B – Roteiro da sequência didática de introdução a natureza da ciência aplicáveis a dois tempos de aula para cada tema

Tema	Objetivos	Roteiro de aula
Conhecimento científico e sociedade	<ul style="list-style-type: none"> • Discutir as implicações do conhecimento científico para a sociedade • Discutir benefícios e malefícios do uso do conhecimento científico • Discutir como a sociedade pode interferir em questões relacionadas com a ciência 	<p>- Leitura do texto: GLEISER, M. Os átomos. In: GLEISER, M. Mundos Invisíveis: da alquimia à física de partículas. Rio de Janeiro: Editora Globo, 2008. Cap. 6. p. 147-167. Textos de apoio de Frederico Neves, comentando os principais aspectos históricos, sociais e científicos relacionados com a descoberta dos raios-X e da radioatividade.</p> <p>Apresentação do artigo: ACIDENTE RADIOLÓGICO DE GOIÂNIA. In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2018. Disponível em:</p> <p>https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Acidente_radiol%C3%B3gico_de_Goi%C3%A2nia&oldid=51449462. Acesso em: 7 mar. 2018. A partir do texto, discutir o acidente radiológico de Goiânia e o uso da radioatividade como aplicação tecnológica com benefícios e malefícios que devem ser dimensionados e discutidos com a sociedade.</p>

Fonte: autoria própria.