

UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO

UNIDADE ACADÊMICA DE GRADUAÇÃO

CURSO DE QUÍMICA LICENCIATURA

**NATUREZA DA CIÊNCIA SOB HOLOFOTES: PERSPECTIVAS, PROPOSTAS E
CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS**

BEATRIZ CARVALHO ALMEIDA

OURO PRETO

2015

**NATUREZA DA CIÊNCIA SOB HOLOFOTES: PERSPECTIVAS, PROPOSTAS E
CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS**

Trabalho de Conclusão de Curso,
apresentado como requisito parcial para
obtenção do grau de Licenciado em
Química, do curso de Química
Licenciatura da Universidade Federal de
Ouro Preto.

Prof.^a Dr(a) Paula C. C. Mendonça

Departamento de Química

Ouro Preto

2015

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Título: *NATUREZA DA CIÊNCIA SOB HOLOFOTES: PERSPECTIVAS, PROPOSTAS E CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS*

Aluno: *Beatriz Carvalho Almeida*

Orientador: Prof.^a Dr(a) Paula C. C. Mendonça

Primeiro semestre de 2015

Este trabalho foi defendido e aprovado em sessão pública realizada no dia 06 de Julho de 2015, na sala de seminários do Departamento de Química, como requisito parcial para a obtenção do grau de Licenciando em Química, perante a seguinte comissão examinadora:

Prof.^a Ma. Clarissa Rodrigues

Professora Supervisora

Prof.^a Dr(a) Paula C. C. Mendonça

Professora Orientadora

Prof.^a Cristiane Martins da Silva

Professora Examinadora

Ouro Preto

2015

Dedico esta conquista a você, PAI,
por nunca ter medido esforços
para realizar os meus sonhos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, pois sem o apoio e cuidado de vocês não seria possível concluir esta árdua jornada.

À minha irmã Giovana, por ser mais leal e companheira de todas as amigas, e ao meu cunhado Carlos, pela amizade e apoio.

Às minhas sobrinhas Mari e Lulu, pela alegria que sempre me proporcionam.

À todos os meus amigos o curso de Química Licenciatura. Em especial à Gabi Rosa, Gabi Oliveira e Thais, por tornarem esta caminhada mais leve e divertida.

À professora Cristiane, por ter aceitado avaliar o meu trabalho.

Às professoras Rosária, Nilmara, Clarissa e Aparecida por terem contribuído de forma significativa para minha formação.

E especialmente, à professora Paula Mendonça, pelo apoio e incentivo que sempre deu, e por dedicar seu tempo à minha formação.

“Olhe para as estrelas e não para
debaixo dos seus pés. Tente
atribuir sentido a aquilo que vê, e
se questione sobre o que faz o
universo existir. Seja curioso.”

Stephen Hawking

RESUMO

No presente trabalho foi feita uma ampla revisão da literatura acerca da inserção da temática 'Natureza da Ciência' (NOS em inglês) no ensino de ciências. A escolha do tema foi motivada, em parte, pela ausência de consenso entre os pesquisadores da área de ensino de ciências sobre *como* e *o que* ensinar sobre natureza da ciência. Além disso, apesar de os documentos norteadores do ensino apontarem para a importância de se discutir NOS nas aulas de ciências, os mesmos não expõem explicitamente sobre possíveis abordagens de ensino. Por este motivo, foi feita uma revisão de literatura acerca desta temática, contemplando diferentes visões de diversos autores que realizaram e/ou estão realizando estudos sobre a mesma. Para isso, buscou-se selecionar autores que dialogam entre si, de modo a elaborar em nossa escrita uma linha de raciocínio que conduza o leitor a compreender as questões que surgem nos trabalhos selecionados. Ao final do trabalho, foi traçada uma análise crítica, com vista a contribuir com apontamentos que podem subsidiar novas pesquisas em relação ao ensino de NOS.

SUMÁRIO

1) Natureza da Ciência: o que é e porque ensinar	9
2) Objetivos	13
3) Aspectos Metodológicos.....	13
4) Natureza da Ciência sob Holofotes 15	
4.1 Como tudo começou	15
4.2 Norm G. Lederman, seus colaboradores e a Lista de Aspectos de Natureza da Ciência	15
4.1.2 A importância do ensino explícito de natureza da ciência e outros fatores que influenciam o aprendizado de NOS	21
4.3. Smith & Scharmann e a “Guardachuvologia”	23
4.4 – Quais ideias sobre ciência devem ser ensinadas na escola?.....	26
4.5 – O que consiste em conhecimentos sofisticados sobre ciência?.....	29
4.6 – Ouvindo diretamente da “boca do cavalo”	32
4.7 – Questões sócio científicas e o pensamento crítico.....	35
4.8 – Natureza da ciência e semelhança familiar.....	38
4.9 – Comunicação científica e natureza da ciência	41
4.10 Economia da ciência	44
4.11 – Whole Science	48
4.12 – Aprender ciência, aprender sobre ciência e fazer ciência	52
5) Questões para reflexão	56
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61

NATUREZA DA CIÊNCIA SOB HOLOFOTES: PERSPECTIVAS, PROPOSTAS E
CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS
Beatriz Carvalho Almeida

1) Natureza da Ciência: o que é e porque ensinar

No presente trabalho será abordada a temática “Natureza da Ciência”, tendo em vista a enorme relevância da mesma para o ensino de ciências, conforme será discutido posteriormente. O termo Natureza da Ciência – ou *Nature of Science* (NOS¹) – se refere à epistemologia da ciência, bem como os valores e aspectos inerentes ao conhecimento científico e ao seu desenvolvimento (Lederman, Abd-El-Khalick, Bell & Schwartz, 2002). Ao longo dos últimos anos, vários estudos têm sido feitos sobre a importância de inserir a temática natureza da ciência na educação básica (por exemplo, Matthews, 1992; Lederman et. al., 2002; Schwartz et. al., 2004; Smith & Scharmann, 1999; Osborne et. al., 2003). Mas porque a inserção de NOS no currículo é tão importante?

Existe um consenso na área de pesquisa em educação em ciências sobre a importância de ajudar os estudantes a desenvolver visões mais esclarecidas sobre ciência, uma vez que este conhecimento seria de suma importância para que os mesmos desenvolvessem a habilidade de tomar decisões bem informadas, sejam elas pessoais e /ou sociais (Smith & Sharmann, 1998; Lederman, 2006). Deste modo, a educação para a cidadania tornou-se um dos principais objetivos do ensino de ciências, como enfatizado nos documentos norteadores do ensino, tanto nacionais quanto internacionais.² Neste sentido, a Associação Americana para o Progresso da Ciência – *American Association for the Advancement of Science* (AAAS) – promoveu em 1985 um projeto (Project 2061) que realizava estudos sobre o ensino de ciências que conduziu, em 1989, a publicação de algumas recomendações para o mesmo, por meio do relatório *Science for All Americans* (AAAS 1989). Este relatório, contendo 12 capítulos, apontou para a necessidade de se promover um ensino mais contextual, histórico, filosófico e reflexivo, contemplando discussões sobre objetividade, mutabilidade da ciência, possíveis formas de diferenciar ciência e pseudo-ciência, evidência e sua relação com a justificativa da teoria, método científico, explicação e previsão, ética, política social e a organização social da ciência. Este relatório aponta também para a importância da inserção da história da ciência no ensino, com os argumentos de que a discussão sobre como a ciência funciona é vazia na ausência de exemplos concretos; e ainda, que alguns episódios da história da ciência são importantes para o enriquecimento cultural. A ideia de inserir todos estes temas é possibilitar que os estudantes terminem a educação básica tendo algum conhecimento sobre os mesmos (Matthews, 1992).

¹ Esta sigla será adotada neste trabalho.

² É válido lembrar que a temática NOS é mais ressaltada nos documentos americanos do que em documentos nacionais. Por este motivo, é que se utilizou como referência documentos americanos como NRC e AAAS.

NATUREZA DA CIÊNCIA SOB HOLOFOTES: PERSPECTIVAS, PROPOSTAS E
CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS
Beatriz Carvalho Almeida

Tendo em vista ainda a educação para a cidadania, o documento *Benchmarks for Scientific Literacy* defende que conhecer como os cientistas trabalham e chegam a conclusões, bem como as limitações destas, é importante para que as pessoas ajam de maneira consciente frente às afirmações científicas, de forma a não rejeitá-las e nem aceitá-las acriticamente (Smith & Sharmann, 1998 *apud* AAAS, 1993, p.3).

De forma similar, o documento americano *K-12 Science Education* (National Research Council, 2012), declara que:

“Ao final do 12º ano do ensino básico³, os estudantes devem possuir conhecimento suficiente sobre as práticas, conceitos e ideias centrais da ciência e engenharia, com vista a engajá-los em discussões públicas sobre questões relacionadas à ciência, para serem consumidores críticos de informações científicas relacionadas às suas vidas diárias, e para continuarem a aprender sobre ciência durante suas vidas. Eles devem compreender que a ciência e a visão da ciência sobre o mundo são resultado de muitas centenas de anos de esforço e criatividade humana. É importante destacar que os objetivos mencionados se estendem a todos os estudantes, não se restringindo a aqueles que almejam carreiras na ciência, engenharia, tecnologia ou que farão curso superior”. (p.9) [Tradução nossa]

Ainda em relação aos objetivos para o ensino de ciências, o documento americano *K-12 Science Education* sugere que o ensino de ciências pode tornar-se mais coerente de três maneiras:

- a primeira delas é engajar os alunos em práticas científicas e de engenharia, nas quais pudessem aplicar conceitos, com o objetivo de aprofundar seus conhecimentos nestas áreas. Desta forma, os alunos estariam constantemente revisando seus conhecimentos e desenvolvendo habilidades, estimulados pela curiosidade sobre o mundo que os cerca. Isso contribuiria para que desenvolvessem um conhecimento mais cientificamente embasado e também para visões mais esclarecidas sobre ciência e tecnologia;
- a segunda é diminuir o grande número de conteúdos a serem ensinados, para que professores e alunos tenham a oportunidade de explorar cada ideia apresentada em profundidade. Limitar a quantidade de conteúdo a ser dominado também significa destinar mais tempo para que os estudantes possam participar de atividades baseadas em argumentação e investigação científica;
- a terceira é integrar os conhecimentos de conteúdo às práticas científicas e de engenharia, com vista a associação entre teoria e prática.

Tendo em vista os objetivos para o ensino de ciências acima mencionados, acredita-se que a inserção de NOS nos currículos de ciências pode contribuir para

³ O 12º ano do ensino básico americano corresponde ao último ano do Ensino Médio das escolas brasileiras.

NATUREZA DA CIÊNCIA SOB HOLOFOTES: PERSPECTIVAS, PROPOSTAS E
CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS
Beatriz Carvalho Almeida

contemplá-los. Nesse sentido, Matthews declara que a inserção de história, filosofia e sociologia da ciência contribui para

“a humanização das ciências e para torna-las mais conectadas com aspectos pessoais, éticos, culturais e políticos; tonar as aulas mais desafiadoras e reflexivas, melhorando assim a habilidade do pensamento crítico; contribui para uma compreensão mais ampla dos conteúdos científicos - pode contribuir um pouco para superar o 'mar de insignificância' que um comentarista disse que tomou as aulas de ciência, onde fórmulas e equações são recitadas, mas poucas pessoas sabem o que elas significam; pode melhorar formação do professor, contribuindo para o desenvolvimento de uma epistemologia mais rica e mais autêntica da ciência, que é uma maior compreensão da estrutura da ciência e seu lugar no esquema intelectual das coisas” (Matthews, 1992). [Tradução nossa]

Por tudo isso, acredita-se que a compreensão dos processos pelos quais o conhecimento científico é produzido pode também ajudar os estudantes a entender de forma ampla e articulada os conteúdos científicos que lhes são ensinados, conferindo mais coerência ao ensino de ciências. Isso porque o ensino de NOS contempla perspectivas históricas, que mostram como se deu a evolução do pensamento humano ao longo dos anos; perspectivas filosóficas que abrangem o modo como o conhecimento é produzido e validado e tantas outras perspectivas que fazem com que a ciência seja vista como o grande empreendimento humano que é. Há ainda o argumento democrático pelo qual acredita-se que o ensino de NOS é importante porque contribui para desenvolver a habilidade de pensar criticamente sobre questões relacionadas à ciência e a tecnologia – e que fazem parte do cotidiano dos alunos – de modo a ponderar sobre evidências, justificativas e argumentos que permeiam essas questões, tendo em vista a capacidade de tomar decisões bem informadas não apenas no período escolar, mas também ao longo de suas vidas.

É válido ressaltar que apesar de existir um consenso entre pesquisadores do ensino de ciências sobre a importância de se inserir discussões sobre natureza da ciência no currículo escolar, ainda não existe consenso sobre O QUE e COMO inserir esta temática no ensino, conforme será discutido posteriormente.

Pensando na relevância de inserir natureza da ciência no ensino para a formação dos alunos, é importante ressaltar a relevância desta temática na formação de professores, visto que estes são um dos comunicadores da ciência e os principais intermediadores no processo de ensino-aprendizagem. Contudo, tem-se observado que os professores não apresentam conhecimentos satisfatórios sobre natureza da ciência (Lederman, 1992), apresentando muitas vezes, concepções mistificadas sobre a ciência. Entre estas, destaca-se a concepção de que o conhecimento científico é produzido por meio de um único “método científico” que deve ser aplicado em etapas e de forma rígida. (Carvalho, 2001

NATUREZA DA CIÊNCIA SOB HOLOFOTES: PERSPECTIVAS, PROPOSTAS E
CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS
Beatriz Carvalho Almeida

apud Gil-Pérez, 1996). Além disso, muitos professores não compreendem a ciência como um empreendimento humano, mas ao contrário, a ciência é vista como sendo um aglomerado de descobertas sobre conhecimentos já existentes, ou presentes na natureza (Carvalho, 2001 *apud* Abell & Smith, 1994). E por fim, muitos professores não compreendem adequadamente como se desenvolve e os objetivos e influências da ciência na sociedade, de acordo com as visões de ciência defendidas pela filosofia atualmente (Carvalho, 2001 *apud* Thomaz et. al., 1996).

Deste modo, vê-se como imprescindível a inserção de NOS na formação inicial e continuada de professores. Contudo, o que se observa é que nos cursos de formação das Ciências Naturais, dispensa-se muita atenção aos conteúdos científicos, sem que haja discussões sobre como se desenvolveram estes conhecimentos ou em que se aplicam, conforme discutido por Carvalho (2001). Contudo, um bom professor de ciências não deve apenas conhecer o conteúdo científico, mas deve conhecer também os aspectos culturais, históricos e sociais que permeiam sua disciplina. Nesse sentido, um livro publicado em 1929 para professores de ciências já discutia sobre quais são os requisitos para que alguém possa ser considerado um bom professor de ciências:

“conhece sua própria disciplina... lê sobre outras áreas da ciência... sabe como ensinar... é hábil em se expressar de forma clara... possui habilidade em manipulação... é engenhoso na mesa de demonstração e no laboratório... é um especialista em lógica... tem um pouco de filósofo em si... tem qualidades de historiador, podendo sentar com uma multidão de meninos e contar a eles sobre as equações, a vida e o trabalho de gênios como Galileu, Newton, Faraday e Darwin (Mathews 1992 *apud* citação de Sherratt 1983, p.418) [Tradução nossa]

Pensando então na importância de se discutir natureza da ciência na formação de professores, acredita-se que estes devem engajar-se em atividades que lhes proporcionem a oportunidade de refletir e discutir sobre esta temática. Deste modo, sugere-se que professores em formação participem de grupos de pesquisa e investigação nas universidades, para que assim possam compreender os aspectos inerentes ao processo de produção de conhecimento (Carvalho 2001 *apud* Thomaz et. al. 1996). Existem também autores que defendem que tendo em vista a pouca atenção destinada a discussões sobre a natureza do conhecimento científico na formação inicial dos professores, estes deveriam então se inteirar destes assuntos com profissionais da filosofia da ciência (Carvalho 2001 *apud* Gil-Pérez, 1996). Apesar de também defender a inserção de discussões sobre história e filosofia na formação de professores, Matthews (1992) defende que debater sobre estes temas por si só não é o melhor caminho. Pensando nisto, os cursos de formação devem possuir um caráter mais aplicado e prático, considerando questões que os professores considerem como pertinentes à sua prática e desenvolvimento profissional (o que alguns autores denominam como conhecimento pedagógico de conteúdo do professor).

NATUREZA DA CIÊNCIA SOB HOLOFOTES: PERSPECTIVAS, PROPOSTAS E
CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS
Beatriz Carvalho Almeida

Conforme exposto na parte inicial do presente trabalho, há uma volumosa literatura (por exemplo, Osborne et. al., 2003; Praia et. al, 2007; Lederman, 2006; McComas, 2008) que aponta para a relevância de inserir conhecimentos sobre natureza da ciência tanto na educação básica, quanto na formação de professores, como objetivos grandiosos, que vão para além da mera discussão sobre os aspectos inerentes aos processos de desenvolvimento do conhecimento e seu impacto na sociedade, mas que contribuem substancialmente para a formação de pessoas aptas a se posicionarem de forma crítica mediante questões relacionadas a ciência e a tecnologia. Por este motivo, serão apontadas diferentes perspectivas para o ensino de NOS que estão sendo discutidas atualmente, fazendo uma revisão crítica da literatura nesta área, com vista a fazer apontamentos críticos que contribuam para a reflexão e, conseqüentemente, a realização de novos estudos nesta área.

2) Objetivos

Conforme discutido ao início deste trabalho, não há um consenso entre os pesquisadores da área de ensino de ciências sobre *como* e *o que* ensinar sobre natureza da ciência. Além disso, apesar de os documentos norteadores do ensino apontarem para a importância de se discutir NOS nas aulas de ciências, os mesmos não expõem explicitamente sobre possíveis abordagens de ensino. Por este motivo, será feita uma ampla revisão da literatura acerca desta temática, contemplando diferentes visões, de diversos autores que realizaram e/ou estão realizando estudos sobre a mesma. Por tudo isso, o objetivo deste trabalho é fazer uma análise crítica por meio desta revisão de literatura, com vista a contribuir com apontamentos que podem subsidiar novas pesquisas em relação ao ensino de NOS.

Um objetivo secundário deste Trabalho de Conclusão de Curso é que o mesmo possa ser utilizado por professores e/ou professores em formação que desejam entender ou saber mais sobre o ensino de natureza da ciência. Ainda almejamos a divulgação deste trabalho em periódico da área para contribuir com a discussão no âmbito nacional.

3) Aspectos Metodológicos

Tendo em vista que o presente trabalho é uma revisão de literatura, a metodologia para a realização do mesmo consistiu na seleção, leitura de artigos, livros e documentos oficiais relacionados ao ensino de natureza da ciência. Para tal, a orientadora selecionou

NATUREZA DA CIÊNCIA SOB HOLOFOTES: PERSPECTIVAS, PROPOSTAS E
CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS
Beatriz Carvalho Almeida

artigos, livros e documentos que foram utilizados em uma disciplina de pós-graduação⁴ (a qual ela lecionou em 2013/1⁵) que tinha como objetivo promover a formação dos alunos em NOS. Como tais textos contemplam grande parte da discussão atual sobre NOS no ensino de ciências são relevantes para o que se pretende realizar neste trabalho.

Além dos artigos selecionados pela orientadora, para completar a seleção com publicações mais recentes, alguns artigos foram encontrados em periódicos internacionais, tais como *Science Education*, *Science & Education*, *Journal of Research in Science Teaching* e outros em revistas brasileiras, como a RBPEC (*Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*). Para a busca de artigos, utilizou-se a palavra-chave “natureza da ciência” (ou “nature of Science” para os periódicos internacionais) com vista a encontrar estudos que estão sendo realizados sobre esta temática.

Para a elaboração do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), além da leitura, foram feitos fichamentos de todos os textos e discussões com a orientadora. É importante ressaltar que a maioria destes materiais estão em língua inglesa, uma vez que grande parte da literatura sobre NOS foi/está sendo produzida no contexto internacional.

A leitura de um número considerável de textos teve como objetivo ampliar os conhecimentos sobre a temática a ser abordada, possibilitar reflexões acerca desta e nortear a pesquisa a ser desenvolvida. Em virtude do tempo para elaboração do trabalho de conclusão de curso, nem todos os artigos estudados foram contemplados neste texto, contudo buscamos selecionar autores que dialogam entre si e tentamos elaborar em nossa escrita uma linha de raciocínio que conduza o leitor a compreender as questões que surgem nos trabalhos selecionados.

⁴ Tendências em Pesquisa em Educação em Ciências: Natureza do conhecimento científico e suas implicações para o ensino de natureza da ciência.

⁵ Como colaboradora do Programa de Pós-graduação em Educação da Faculdade de Educação da UFMG em parceria com a professora Rosária Justi.

4) Natureza da Ciência sob Holofotes

Nesta seção são apresentadas diversas propostas para o ensino de NOS, de diferentes pesquisadores. Deseja-se com isto oferecer ao leitor um panorama geral sobre o que já foi e o que está sendo estudado sobre esta temática para, ao final, ser possível refletir e fazer apontamentos críticos. É válido lembrar que dado ao tempo e a natureza de um trabalho de conclusão de curso, não será possível incluir e revisar toda a literatura disponível, mas deseja-se fazer uma revisão das pesquisas mais citadas nesta área de estudo.

Boa leitura!

4.1 Como tudo começou

Ao contrário do que se poderia pensar, o propósito de engajar os estudantes em discussões acerca da epistemologia da ciência no ensino de ciências não é recente (no contexto internacional), o que é evidenciado em um estudo conduzido pelo pesquisador Norm G. Lederman, em 1992, o qual discorre justamente sobre a vasta gama de trabalhos sobre esta temática realizados no século passado. Contudo, os objetivos para o ensino de NOS não eram os mesmos defendidos atualmente, visto que os objetivos para o ensino de ciências modificaram-se. Carvalho (2001) aponta para o fato de que no início do século XX, o objetivo mais imediato do ensino de ciências era que os estudantes desenvolvessem habilidades intelectuais por meio do treino de operações mentais. Por outro lado, na década de 1960, desejava-se que os alunos tivessem domínio do “método científico” – uma série de passos realizados de forma algorítmica – por meio do qual acreditava-se que o conhecimento científico era construído. Segundo Wang & Marsh (2002), essa mudança nos objetivos para o ensino de ciências no contexto norte-americano, ocorreu especialmente devido ao lançamento do satélite *Sputnik I* pela União Soviética. Desejava-se então um ensino de ciências mais rigoroso, com vista a formar cientistas aptos a competir com os pesquisadores da União Soviética. Entretanto, os objetivos para o ensino de ciências se modificaram nos últimos anos, com vista a promover a alfabetização científica e tecnológica da população e a torna-la apta a compreender e atuar de forma crítica frente a esses assuntos, isto é, educar a população para o exercício da cidadania. É nesse contexto que começam a surgir as propostas para o ensino de natureza da ciência com objetivo de formar para a cidadania. Nesse sentido, começamos a explicar a seguir sobre uma das primeiras e mais reconhecidas propostas para o ensino de NOS.

4.2 Norm G. Lederman, seus colaboradores e a Lista de Aspectos de Natureza da Ciência

Norm G. Lederman e seus colaboradores propuseram uma abordagem para o ensino de NOS que se tornou largamente reconhecida. No capítulo *Syntax of Nature of*

NATUREZA DA CIÊNCIA SOB HOLOFOTES: PERSPECTIVAS, PROPOSTAS E
CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS
Beatriz Carvalho Almeida

Science within Inquiry and Science Instruction, presente no livro *Scientific Inquiry and Nature of Science: Implications for Teaching, Learning and Teacher Education* (2006), o autor explana, de forma concisa, sobre quais aspectos de natureza da ciência devem ser discutidos no ensino de ciências (Lederman, 2006). Para fundamentar sua ideia, primeiramente o autor aponta para o fato de que não existe um consenso entre filósofos, sociólogos, historiadores, bem como professores de ciências sobre uma definição exata para o que é Ciência. Esta falta de consenso se deve ao caráter multifacetado e complexo da ciência e, justamente por isso, este autor defende que não existe uma única natureza da ciência ou ainda, “A” natureza da ciência.

Entretanto, existe uma série de aspectos que ninguém coloca em prova de que são capazes de caracterizar a ciência. Segundo o autor, são justamente estes aspectos que devem ser abordados no ensino de ciências. Lederman defende que estes aspectos devem ser discutidos tanto por serem acessíveis aos estudantes da educação básica – isto é, não inclui discussões tão complexas quanto em cursos de história e filosofia da ciência, por exemplo – quanto por serem importantes para a vida diária dos mesmos. O autor descreve ainda os três critérios utilizados para selecionar estes aspectos, que são: (i) o conhecimento do aspecto de natureza da ciência é acessível aos estudantes, isto é, eles são capazes de aprendê-lo e compreendê-lo?; (ii) existe um consenso geral sobre este aspecto de NOS?; e (iii) é útil para todos os cidadãos compreender este aspecto de NOS?⁶. Usando estes critérios, Lederman propõe então uma lista consensual de aspectos de NOS que devem ser ensinados. Estes são: o conhecimento científico é provisório; tem caráter empírico; é norteado por teorias; é produto da inferência, criatividade e imaginação humana; e é influenciado pelo contexto cultural e social. Existem ainda outros dois aspectos relevantes que são: diferença entre observação e inferência e ainda, as funções de, bem como as diferenças entre teorias científicas e leis. Cada um destes aspectos será definido a seguir baseado nas considerações do autor e seus colaboradores e de outros aspectos que julgamos relevantes para melhor esclarecimento do leitor:

1) O conhecimento científico é provisório

Este aspecto de NOS está relacionado ao fato de que na ciência não existem verdades absolutas. Isto quer dizer que as teorias científicas, por exemplo, estão sujeitas a mudanças caso surjam novas evidências devido aos avanços da ciência e da tecnologia.

⁶ Apesar do autor se basear nesses três elementos para delimitar os conhecimentos sobre NOS para estudantes da educação básica, no livro citado ou em outras publicações consultadas, ele não oferece argumentos para justificar porque tais conhecimentos são (i) acessíveis, (ii) consensuais e (iii) úteis.

NATUREZA DA CIÊNCIA SOB HOLOFOTES: PERSPECTIVAS, PROPOSTAS E
CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS
Beatriz Carvalho Almeida

Além disso, algumas evidências podem ser reinterpretadas, levando ao desenvolvimento de teorias mais sofisticadas, com maior poder de explicação.

Vale lembrar também que nenhuma afirmação científica pode ser absolutamente provada, pois, para que isso aconteça, é necessário ter um montante de evidências empíricas que suporte tal afirmação. Em relação a isto, uma importante questão a ser feita é: o que seria este montante de observações empíricas necessário para dar suporte a uma lei? Isto é, quantas observações constituem um grande número? Por exemplo, quantas vezes uma barra de metal deve ser aquecida antes de concluirmos que ela se expande com o aumento da temperatura? Dez vezes, cem vezes ou mil vezes? Nesse sentido, Chalmers (1997) defende que isso varia para cada caso. Por exemplo, não é necessário colocar a mão no fogo muitas vezes para saber que ele queima; ao mesmo tempo, não é necessário explodir bombas atômicas um grande número de vezes para concluirmos que elas causam morte e destruição em larga escala. Entretanto, não confiaríamos em uma cartomante caso ela acertasse uma única previsão, nem seria justificável concluir que há uma relação causal entre fumar e câncer de pulmão, observando-se apenas um único caso em que isto ocorreu. Por este motivo, para que uma lei científica possa ser absolutamente provada é necessário que um fenômeno se comporte conforme as previsões desta lei *todas as vezes* em que esta for colocada a prova. Contudo, pode ser que em um momento futuro, imprevisivelmente, este mesmo fenômeno se comporte de maneira diferente ao que era previsto por tal lei. Logo, na ciência nada é absolutamente comprovado.

Deve se atentar para o fato de que ao enfatizar o caráter provisório da ciência com os alunos, é necessário ressaltar que apesar do caráter provisório do conhecimento científico, este não deve perder sua credibilidade, uma vez que afirmações científicas necessariamente precisam de evidências e argumentos lógicos que lhe confirmam credibilidade.

2) O conhecimento científico tem caráter empírico

Segundo Lederman, esta é a característica de ciência que os alunos parecem compreender com maior facilidade, o que pode ser explicado pelo fato de que ao longo de suas experiências acadêmicas, sempre fora enfatizado que evidências e experimentos são importantes na ciência. Dizer que a ciência possui caráter empírico significa que, diferente de outras formas de conhecimento, tais como a matemática ou a filosofia, a ciência depende de evidências empíricas provenientes do mundo natural. Podemos dizer que evidências são fatos, acontecimentos, dados, enunciados, que têm como objetivo provar ou refutar uma tese. Para responder a questionamentos como “estas previsões são precisas?”

NATUREZA DA CIÊNCIA SOB HOLOFOTES: PERSPECTIVAS, PROPOSTAS E
CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS
Beatriz Carvalho Almeida

ou ainda, “o que você prediz que irá acontecer, de fato acontecerá?”, é necessário que as afirmações científicas sejam testadas de forma empírica.

3) O conhecimento científico é norteado por teorias

Este aspecto se relaciona ao fato de que as crenças, experiências anteriores e expectativas dos cientistas podem influenciar na forma como estes conduzem suas pesquisas, seja no momento em que escolhem suas questões de pesquisa, ou quando escolhem a forma de coletar dados, o que eles observam e o que não observam, bem como a forma como interpretam estes dados. Ao contrário do que muitos pensam, os cientistas não conduzem estudos de forma neutra, mas sempre são guiados por alguma perspectiva já existente, o que confere certa subjetividade a ciência. Muitos são os esforços para se minimizar alguns efeitos indesejáveis da subjetividade na ciência. Mas em muitos casos, é esta subjetividade que contribui para o constante desenvolvimento do conhecimento científico.

4) O conhecimento científico é produto da criatividade e imaginação humana

Assim como um trabalho de artes, o conhecimento científico também necessita de criatividade e imaginação para se desenvolver. Isso porque um cientista é criativo não apenas ao delinear uma investigação, mas também o é no momento em que necessita interpretar dados coletados e “inventar” explicações. A imaginação humana, juntamente com o caráter inferencial da ciência, leva a produção de modelos teóricos que, ao contrário do que muitos pensam, não são uma cópia da realidade. Podemos citar como um exemplo destes modelos teóricos, o modelo atômico de Bohr, que descreve o comportamento dos átomos em relação aos saltos quânticos e aos níveis de energia.

5) O conhecimento científico é influenciado pelo contexto cultural e social

Pode-se dizer que a ciência é grandemente influenciada por fatores sociais e culturais uma vez que seus praticantes, os cientistas, são o produto desta cultura. Desse modo, a ciência influencia e é influenciada pelas estruturas de poder, política, aspectos socioeconômicos, filosofia e religião.

Para ilustrar esta característica da ciência podemos pensar, por exemplo, que até o século XVI por influências religiosas, pensava-se que o homem era o centro do universo (antropocentrismo) e que portanto, o lugar onde ele vivia, a Terra, era o planeta mais importante. Dessa forma, pensava-se que a Terra ocupava um lugar central e fixo no universo, de forma que todos os outros planetas e estrelas giravam ao redor dela. Consequentemente, a ideia de que a Terra é apenas mais um planeta, e que existem outras

NATUREZA DA CIÊNCIA SOB HOLOFOTES: PERSPECTIVAS, PROPOSTAS E
CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS
Beatriz Carvalho Almeida

milhões de estrelas e que o universo se estendia até regiões desconhecidas, era inaceitável na comunidade científica daquela época.

6) Diferença entre observação e inferência

De acordo com Lederman, observações são descrições de algum fenômeno natural, que podem ser percebidos pelos sentidos ou pela extensão dos sentidos. Além disso, as observações podem ser percebidas com relativa facilidade por outros observadores. Em contraste, as inferências são as declarações sobre determinado fenômeno que não são acessíveis aos sentidos. Por exemplo, pode-se observar que objetos lançados acima do nível do solo tendem a cair no chão. Contudo, dizer que os objetos lançados acima do nível do solo tendem a cair no chão por causa da gravidade, é uma inferência. Isso porque a gravidade não é diretamente acessível aos nossos sentidos. Ela só pode ser medida por meio de seus efeitos.

7) Diferença entre leis e teorias científicas

Existe a crença de que existe um nível hierárquico em relação a credibilidade de leis e teorias científicas. Nesse sentido, acredita-se que teorias científicas possuem um status menor que as leis científicas. Sendo assim, as teorias científicas podem se tornar leis quando adquirirem evidências suficientes ao longo dos anos que lhe confirmam mais credibilidade. Contudo, é importante ressaltar que teorias e leis científicas são, na verdade, formas diferentes de conhecimento. As leis são declarações sobre os padrões de comportamento de um fenômeno observável, como por exemplo, a Lei de Boyle que descreve o comportamento de um gás, relacionando a pressão e volume, em uma determinada temperatura. Em contraste, teorias são explicações que são inferidas a partir de fenômenos observáveis, como por exemplo, a teoria cinético-molecular, que explica a Lei de Boyle.

Tendo explanado sobre as características de ciência que Lederman considera importantes de serem inseridas no currículo escolar, o autor aponta sobre o modo como ele acredita que estas características devem ser discutidas. Nesse sentido, ele defende que deve-se utilizar *investigação científica* para se discutir sobre NOS. Este é um tópico relevante do trabalho do autor, que aponta sobre a importância de um professor saber distinguir natureza da ciência de investigação científica. Conforme esclarecido anteriormente, natureza da ciência se relaciona a epistemologia da ciência, isto é, os valores e as crenças inerentes ao conhecimento científico, incluindo as influências e limitações que são resultado da ciência como um empreendimento humano (Schwartz et. al., 2004). Em contraste, investigação científica compreende os processos e atividades por

NATUREZA DA CIÊNCIA SOB HOLOFOTES: PERSPECTIVAS, PROPOSTAS E
CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS
Beatriz Carvalho Almeida

meio dos quais o conhecimento científico se desenvolve, bem como as características intrínsecas a estes processos.

Contudo, ao pensar em investigação científica no ensino não é suficiente apenas promover habilidades como observar, inferir, classificar, prever, medir, questionar, analisar e interpretar dados. Deve-se promover também atividades que façam com que os estudantes desenvolvam a capacidade de articular o conhecimento destes processos científicos ao raciocínio científico e ao pensamento crítico, com vista a produção de conhecimento. Sendo assim, não deve-se aludir ao “método científico”, um algoritmo reproduzido de forma rígida pelos cientistas para que possam responder às suas questões de interesse. Ao contrário, a investigação científica no ensino deve ser pensada de modo a ressaltar que as questões e as abordagens que guiam as pesquisas científicas variam de acordo com cada campo da ciência.

Para promover a compreensão sobre NOS e investigação científica por parte dos professores e alunos, Lederman aponta sobre duas possíveis abordagens. A primeira delas, muito enfatizada nos currículos durante os anos de 1960 e 1970, é a abordagem *implícita*, por meio da qual acredita-se que “fazendo ciência” é possível aprender sobre NOS e investigação científica. Desse modo, não destina-se atenção a discussões sobre aspectos de NOS, uma vez que estes são transmitidos implicitamente ao realizar atividades. Contudo, alguns estudos demonstraram que engajar os alunos em atividades científicas por si só, não é capaz de contribuir para que os mesmos aprendam sobre ciência (Lederman, 2006 *apud* Durkee, 1964; Haukoos & Penik, 1985; Spears & Zollman, 1997; Trent 1965; Troxel, 1968). Em contrapartida, Lederman aponta para o segundo tipo de abordagem: a *explícita*. Por meio desta abordagem, o autor acredita ser possível promover uma compreensão funcional de natureza da ciência. Isto porque ao longo de qualquer atividade realizada, aspectos de NOS devem ser elucidados e discutidos com os alunos. **É importante ressaltar que ensinar de forma “explícita” não significa que características de ciência devam ser elencadas e sim, que estas devem se tornar visíveis para os alunos de modo que possam refletir sobre as mesmas.**

Em outros estudos, Schwartz, Lederman e Crawford demonstraram que aliado ao ensino explícito de natureza da ciência, existem outros fatores que contribuem para o desenvolvimento de concepções sobre NOS, conforme será discutido a seguir.

Comentado [PM1]: Isto é inferência sua ou advindo deste trabalho de Lederman?

Porque no caso dele a característica de NOS deve ser demarcada, pois é algum ponto da lista.

Pensando-se em outros autores não se restringem a lista, mas pensem nos fatores contextuais, faz mais sentido esta afirmativa.

NATUREZA DA CIÊNCIA SOB HOLOFOTES: PERSPECTIVAS, PROPOSTAS E
CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS
Beatriz Carvalho Almeida

4.1.2 A importância do ensino explícito de natureza da ciência e outros fatores que influenciam o aprendizado de NOS

Conforme mencionado anteriormente, Lederman juntamente com seus colaboradores Schwartz e Crawford, defendem que engajar os estudantes em investigações científicas por si só, não é suficiente para aprender sobre natureza da ciência, sejam os aprendizes estudantes, professores ou cientistas. Sendo assim, estes três autores conduziram um estudo em 2004 denominado “*Developing Views of Nature of Science in an Authentic Context: An Explicit Approach to Bridging the Gap Between Nature of Science and Scientific Inquiry*”, com o objetivo de descobrir quais os fatores influenciam o aprendizado de NOS.

Neste estudo, os autores observaram o desenvolvimento nas concepções de natureza da ciência durante um curso para professores da educação secundária. Primeiramente, foi oferecido um curso sobre aspectos relevantes de natureza da ciência, que consistia em atividades, demonstrações e discussões sobre o tema. As atividades posteriores consistiram em: acompanhar algum projeto de pesquisa da universidade na área em que o participante havia se graduado ou estava lecionando; fazer anotações sobre observações e impressões pessoais sobre as atividades de pesquisa dos cientistas que estavam acompanhando; participar das reuniões, onde haveriam sessões de seminários para discutir sobre experiências vivenciadas e compartilhar questionamentos em relação a natureza da ciência.

Para avaliar o impacto deste curso no desenvolvimento das concepções de NOS dos participantes, os pesquisadores utilizaram pré/pós testes no formato VNOS-C (Views of Nature of Science Questionnaire) e entrevistas. Desse modo, foram identificados três fatores que contribuem para o aprendizado de natureza da ciência: *reflexão, contexto e perspectiva*.

No que diz respeito ao primeiro fator, a reflexão, os autores concluíram que explicitar e guiar reflexões sobre NOS relacionando-as ao contexto das experiências autênticas de pesquisa em que os participantes estavam vivenciando, foi crucial para que os mesmos desenvolvessem suas concepções sobre NOS. Nesse sentido, as anotações sobre as observações e impressões pessoais e os seminários favoreceram uma reflexão ativa, isto é, proposital e explícita. Inclusive, alguns participantes relataram que as experiências mencionadas contribuíram significativamente para esclarecer aspectos de NOS. Esse resultado corrobora então com a ideia dos autores de que o ensino de natureza da ciência deve ser explícito, por meio de discussões e reflexões sobre o tema.

NATUREZA DA CIÊNCIA SOB HOLOFOTES: PERSPECTIVAS, PROPOSTAS E
CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS
Beatriz Carvalho Almeida

Aliado a reflexão, o contexto de investigação científica que os participantes vivenciaram, bem como as descrições dos contextos de outros participantes durante as sessões de seminários, mostraram-se importantes para o desenvolvimento das concepções sobre NOS. Segundo os autores, muitas das concepções que os participantes possuíam previamente foram reforçadas ou aprofundadas. Observou-se ainda que respostas que antes eram fornecidas de maneira insegura ou questionável pelos participantes, transformaram-se em afirmações acompanhadas de exemplos. Isso demonstra a capacidade que adquiriram de articular seus conhecimentos sobre NOS a situações reais de investigação científica.

Segundo os autores, o terceiro fator, a perspectiva que os aprendizes possuíam em relação ao curso foi o que mais impactou no aprendizado dos participantes. Por exemplo, um dos participantes, Adam, demonstrou um ótimo desenvolvimento em suas visões de NOS, enquanto Hank, outro participante, não obteve mudanças, sendo que ambos vivenciaram as mesmas atividades, muitas delas juntas e com os mesmos propósitos. Além disso, ambos apresentavam quase o mesmo grau de conhecimento sobre NOS antes de iniciarem o curso. O que poderia então ter causado tal diferença no desempenho? Um dos motivos apontados pelos autores é que as experiências prévias de Hank com a pesquisa, o fizeram sentir como se ele não houvesse mais nada a aprender sobre o assunto, ao passo que para Adam, a experiência com pesquisa era nova e ele estava ansioso pela mesma. Um segundo fator apontado foi que Hank tinha a perspectiva de si mesmo como um cientista, o que o fez focar no conteúdo da pesquisa e não na natureza desta.

Desse modo, os autores concluíram que as atividades de reflexão e o contexto da investigação científica são essenciais para promover oportunidades para que os estudantes possam aprender sobre NOS. Contudo, a perspectiva do aprendiz, isto é, sua abertura para refletir e examinar o ambiente autêntico de pesquisa sob um olhar filosófico influenciou no aprendizado de NOS. Dessa forma, acredita-se que para desenvolver a habilidade de refletir sobre NOS, é necessário considerar a perspectiva do aprendiz de si mesmo, seja ele professor ou aluno.

Neste tópico foi apresentado ao leitor, de forma breve, as propostas para o ensino de NOS defendidas por Lederman e seus colaboradores. Estas propostas foram e ainda são algumas das mais relevantes e mais discutidas na área de ensino de ciências para abordar natureza da ciência. Contudo, apesar da pertinência dessa proposta, existem algumas críticas a esta abordagem, conforme será discutido ao final deste trabalho.

NATUREZA DA CIÊNCIA SOB HOLOFOTES: PERSPECTIVAS, PROPOSTAS E
CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS
Beatriz Carvalho Almeida

Antes de apresentar as propostas seguintes, desejo colocar uma questão relacionada ao trabalho de Lederman e mencionada anteriormente nessa seção: não existe um consenso entre filósofos, historiadores e demais estudiosos da epistemologia da ciência sobre uma definição exata para o que é ciência ou sobre a natureza da ciência. Pensando nisto, muitos poderiam pensar: se os *experts* discordam sobre o que é natureza da ciência, como devemos decidir o que ensinar aos alunos? É em torno desta problemática que serão apresentadas algumas das propostas seguintes.

4.3. *Smith & Scharmann e a "Guardachuvologia"*

Considerando a problemática acima apontada – a falta de consenso entre estudiosos sobre a natureza da ciência – os pesquisadores Smith e Scharmann realizaram um estudo com o objetivo de contornar esta problemática, publicado em 1999 e intitulado *Defining versus Describing the Nature of Science: A Pragmatic Analysis for Classroom Teachers and Science Educators*. Estes autores mostram-se em concordância com outros pesquisadores e documentos norteadores do ensino sobre a importância de se ensinar natureza da ciência com vista a formação de pessoas capazes de tomar decisões responsáveis e de exercer a cidadania de forma efetiva tanto em dimensões locais quanto globais (Smith & Scharmann, 1999 *apud* AAAS, 1993; Rutherford & Algren, 1990).

Estes autores defendem também que o ensino de NOS deve ter por objetivo que os alunos entendam e não aceitem ou rejeitem uma visão sobre ciência, que deixem de acreditar em algo para acreditar ou adotar o ponto de vista de quem está ensinando. Desse modo, um dos principais objetivos para o ensino de NOS é que este não deve ser doutrinador. Por exemplo, ao ensinar a teoria da evolução pela seleção natural, deseja-se que os alunos compreendam como as afirmações se encaixam, quais as evidências suportam essa teoria e quais a colocam em prova, ou ainda, porque a maioria dos biólogos aceitam a teoria de Darwin como sendo a que melhor explica os dados disponíveis. Entretanto, ao ensinar essa teoria não se deseja que os alunos deixem de acreditar em outras teorias, como cristianismo por exemplo, para aceitar a teoria da evolução pela seleção natural.

Mas qual o nível de entendimento sobre NOS os alunos devem possuir? Em relação a esta questão, os autores defendem que os alunos devem possuir um conhecimento limitado de natureza da ciência. Limitado no sentido de que não há necessidade que os alunos compreendam as diferentes linhas de pensamento filosófico sobre a ciência, tais como empiricismo, positivismo ou realismo. Mas eles devem ter conhecimentos sobre ciência suficientes que lhe permitam lidar com questões de suas vidas diárias, como compreender as reivindicações de dois posicionamentos sobre uma lei relacionada a

NATUREZA DA CIÊNCIA SOB HOLOFOTES: PERSPECTIVAS, PROPOSTAS E
CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS
Beatriz Carvalho Almeida

ecologia ou ainda, saber decidir se um tratamento médico possui ou não o suporte de dados de pesquisa adequados. Da mesma forma que os conteúdos científicos a serem ensinados na educação básica são limitados (por exemplo, os cursos introdutórios de física são apenas uma simplificação grosseira do mundo da física, tendo em vista todo o conhecimento de mecânica quântica já fundamentado na ciência), também devem ser os conhecimentos sobre NOS. Isso porque deseja-se formar os alunos para a cidadania, e não para serem cientistas. Sendo assim, os autores sugerem que os estudantes devem ter a compreensão de quais *características tornam algo mais ou menos científico*, e devem *estar aptos a julgar qualquer afirmação por estes critérios*. A abordagem de ensino destes autores, com o objetivo de promover um ensino de ciências mais funcional e contextual⁷ vai ao encontro de abordagens de ensino como a proposta por Allchin (2011), a qual será apresentada posteriormente.

Pensando na inviabilidade de se demarcar algo como científico ou não científico, Smith & Scharmann propuseram uma série de características que tornam algo mais ou menos científico. As características selecionadas foram aquelas que, segundo os autores, são consensuais entre cientistas e filósofos, portanto algumas foram omitidas. Entretanto, o propósito de se pensar nas características que tornam algo mais ou menos científico não é de que todos os filósofos ou professores de ciências as adotem, mas sim, de se gerar discussões sobre o tema.

A seguir, será explanado resumidamente sobre a série de características elencadas pelos pesquisadores.

Características que tornam algo mais científico

➤ Os objetos e os processos de estudo: (a) o fato de a ciência ser empírica, isto é, se baseia em dados que podem ser coletados utilizando-se os sentidos ou instrumentos; (b) a ciência é testável, ou seja, dados podem ser coletados para dar suporte ou refutar uma afirmação; (c) a reprodutibilidade de experimentos científicos, que permite que outras pessoas possam chegar aos mesmos dados e portanto, às mesmas conclusões; (d) a ciência é baseada em tentativas, o que significa dizer que ela não é apenas um conjunto de respostas corretas, mas ao contrário, está sujeita a mudanças com o surgimento de novas evidências; (e) a ciência é capaz de autocorreção pois, uma vez que está sujeita a erros é submetida a replicações que levam a eliminação dos mesmos.

⁷ Um ensino funcional é aquele que capacita o aluno articular conhecimentos de natureza da ciência a contextos diferentes. Por exemplo, um estudante que possui conhecimento funcional de NOS é capaz utilizar seus conhecimentos sobre ciência para questionar, refletir e tomar decisões sobre questões relacionadas a ciência que permeiam seu cotidiano.

NATUREZA DA CIÊNCIA SOB HOLOFOTES: PERSPECTIVAS, PROPOSTAS E
CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS
Beatriz Carvalho Almeida

➤ Valores da ciência: (a) a ciência atribui um valor elevado a teorias com alto poder de explicação; (b) a ciência valoriza teorias que possuem poder de predição sobre eventos futuros ou as consequências de estudos ainda não realizados; (c) os cientistas valorizam teorias que dão origem a novas questões nunca pensadas antes; (d) apesar de não se acreditar que observações não são livres de teorias prévias, a ciência busca ser o mais imparcial e objetiva possível; (e) a ciência valoriza a parcimônia ou seja, valoriza teorias que são relativamente simples, as quais são consideradas mais elegantes pelos cientistas; (f) explicações científicas precisam apresentar lógica e argumentos plausíveis; (g) a ciência valoriza o ceticismo, no sentido de que afirmações científicas são sempre cuidadosamente analisadas, utilizando para isso, evidências que suportem ou refutem tais afirmações.

Características que tornam algo menos científico

➤ Defesa de uma posição teológica: isso torna algo menos científico pois a ciência é teologicamente neutra.

➤ Valorização da Autoridade sobre a Evidência: as palavras e as opiniões de pessoas ou textos (a Bíblia, por exemplo) são aceitas em detrimento de evidências.

➤ Fideísmo: fideísmo é a dependência da fé, ao invés da razão, em que a fé significa a crença na ausência de evidências. Na ciência, a evidência ocupa um status de valor muito maior em comparação a fé.

Finalmente, os autores desta proposta afirmam que os estudantes devem ter conhecimento destas características e também de outros aspectos que, não necessariamente caracterizam algo como científico ou não, mas que são capazes de descrever as particularidades da ciência. Estes aspectos são: a ciência é uma forma de conhecimento e não a única forma de conhecimento; a criatividade e imaginação são importantes na ciência; na prática, não existe objetividade absoluta na ciência, considerando que a mesma é cultural e socialmente influenciada e que as crenças dos cientistas interferem no modo como estes observam e interpretam dados; e que a comunicação persuasiva de descobertas científicas é importante para que estas sejam aceitas. Por fim, o objetivo de se promover o entendimento destes aspectos de NOS é fazer com que os estudantes sejam capazes de avaliar a validade de afirmações científicas.

Pensando nisso, Smith & Scharmann sugerem uma atividade que contempla os objetivos e ideais desta proposta, a qual será apresentada a seguir.

NATUREZA DA CIÊNCIA SOB HOLOFOTES: PERSPECTIVAS, PROPOSTAS E
CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS
Beatriz Carvalho Almeida

Guardachuvologia

Somerville (1941) apresentou uma interessante carta hipotética de um colega que afirmava ter começado uma nova ciência chamada “guardachuvologia”. Por 18 anos, este indivíduo tem coletado de porta em porta algumas entrevistas, nas quais ele verificava (1) o número de guarda-chuvas que as pessoas possuíam (2) seu tamanho (3) seu peso e (4) sua cor. As descobertas deste trabalho foram publicadas em nove volumes, ele continua. Ele emprega hipóteses que são testadas, levando a descoberta de teorias e leis, tais como a Lei de Variação de Cor Relativa a Posse por Sexo (guarda-chuvas possuídos por mulheres tendem a uma grande variação de cores, enquanto aqueles possuídos por homens são quase sempre pretos). “A esta lei eu dei uma formulação estatística exata,” ele afirma ainda. O correspondente imaginário de Somerville nota o poder da guardachuvologia para prever a posse de guarda-chuva, sua base empírica e estatística e assim por diante. O escritor da carta, contudo, tem um amigo que não se convenceu de que a guardachuvologia é uma ciência e ele pede a Somerville para resolver esta questão. (Smith & Scharmann, 1999) [Tradução nossa]

Atividades como esta podem resultar em discussões ricas sobre natureza da ciência. Nesse sentido, Smith & Scharmann destacam que, o professor não deve centrar a discussão em decidir se a guardachuvologia é uma ciência ou não. Entretanto, esta deve ser centrada em refletir quais características a guardachuvologia compartilha com a ciência, isto é, pensar quais aspectos a tornam mais ou menos científica, baseando-se nos critérios acima elencados.

Finalmente os autores destacam que é de grande importância que os professores engajem os alunos em atividades como esta, que os façam refletir sobre a ciência como uma forma de conhecimento, bem como os aspectos que a caracterizam.

Essa proposta parece solucionar a questão do que deve ser ensinado sobre natureza da ciência, tendo em vista a falta de consenso entre os estudiosos desta área. Contudo, o estudo conduzido por Jonathan Osborne e seus colaboradores – sobre o qual será explanado a seguir – contradiz essa ideia, uma vez que segundo estes autores, existe sim um possível consenso sobre o que deve ser ensinado sobre este tema.

4.4 – Quais ideias sobre ciência devem ser ensinadas na escola?

O trabalho a ser abordado neste momento foi conduzido pelos autores Jonathan Osborne, Sue Collins, Mary Ratcliffe, Robin Millar, Rick Duschl, o qual buscou determinar de forma empírica qual o grau de consenso que há entre especialistas em relação as ideias

NATUREZA DA CIÊNCIA SOB HOLOFOTES: PERSPECTIVAS, PROPOSTAS E
CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS
Beatriz Carvalho Almeida

sobre ciência que devem ser ensinadas. O estudo foi intitulado “*What “Ideas-about-Science” Should Talk in School Science? A Delphi Study of Expert Community*”.

Assim como outros autores mencionados neste trabalho, Osborne e seus colaboradores apontam para a importância de se promover um ensino de ciências para o exercício da cidadania. Além disso, os autores também ressaltam que o modo autoritário e não discursivo inerente ao ensino de ciências atual contribui grandemente para que os estudantes tenham uma atitude negativa frente a ciência, devido ao sentimento confuso sobre o significado dos conteúdos de ciências que aprendem, assim como a insuficiência de ferramentas para se avaliar criticamente as afirmações científicas.

Apesar da reconhecida necessidade de se inserir natureza da ciência no currículo escolar, ainda existe a discussão sobre o que deve ser ensinado sobre NOS. Osborne e seus colaboradores apontam para o fato de que há um consenso nos documentos norteadores do ensino sobre o que deve ser ensinado sobre NOS, o que foi possível constatar analisando oito documentos diferentes, tais como *Benchmarks for Scientific Literacy*, *National Science Standards*, *California State Standards*, e os currículos nacionais da Austrália, Nova Zelândia, Canadá, Inglaterra e País de Gales. Os autores destacam que muitos dos elementos presentes em um dos currículos, estavam também presentes também em outros, o que leva a inferir sobre um certo grau de consenso não apenas no contexto norte americano, mas também no contexto internacional.

Nesse sentido, os autores levantam a seguinte questão: como os elaboradores de tais documentos (como cientistas, educadores da ciência, elaboradores de currículo, professores de ciências etc.) podem encontrar tal consenso, sendo que o mesmo não existe dentro da comunidade acadêmica? A resposta dos autores para tal questionamento é que o consenso contemplado nestes currículos representa uma visão parcial e limitada da natureza da ciência, ainda que alguns ou todos os elementos contidos nestes documentos sejam controversos na comunidade filosófica. Assim como Smith & Scharmann (anteriormente mencionados), Osborne e seus colaboradores acreditam que assim como os conteúdos de ciência são abordados de forma simplificada na educação básica, o mesmo deve acontecer com os conteúdos de natureza da ciência, que devem servir como base para compreensões mais sofisticadas em outros momentos da vida do estudante.

Por estes motivos é que os autores decidiram realizar um estudo empírico⁸, em pequena escala, para verificar se haveria uma medida para o grau de consenso entre

⁸ Este estudo foi publicado em 2003. Naquela época, este foi o primeiro estudo empírico produzido com tais objetivos.

NATUREZA DA CIÊNCIA SOB HOLOFOTES: PERSPECTIVAS, PROPOSTAS E
CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS
Beatriz Carvalho Almeida

especialistas sobre os conteúdos de NOS que deveriam ser discutidos com os alunos. Como metodologia para “medir” este consenso, os pesquisadores utilizaram o estudo Delphi. O método Delphi tem como objetivo chegar a tomada de decisão por algum grupo e pode também ser definido como sendo “*um método de solicitação sistemática e coleção de sentenças em um tópico particular, por meio de um conjunto de questionários sequenciais cuidadosamente concebidos, intercaladas com informações resumidas e feedback de opiniões derivado de respostas anteriores*” (Osborne et. al., 2003 *apud* Delbecq, Van de Ven, & Gustafson, 1975, p.697). A amostra utilizada para conduzir tal estudo era composta de opiniões de cientistas de renome; historiadores, filósofos e sociólogos da ciência; educadores da ciência; e aqueles que se dedicam a compreensão pública da ciência ou comunicação da ciência.

Por meio da análise deste estudo, os autores conseguiram elencar nove temas, os quais foram considerados incontestáveis e consensuais dentro da comunidade acadêmica com interesse em ciência e na educação científica, e que foram considerados importantes e essenciais que os alunos compreendam até o final da educação compulsória. Estes temas foram: Métodos Científicos e Testes; Criatividade; Desenvolvimento Histórico do Conhecimento Científico; Ciência e Questionamentos; Diversidade do Pensamento Científico; Análise e Interpretação de Dados; Certeza e Ciência; Hipótese e Predição; e Cooperação e Colaboração. Além disso, os autores destacam que os aspectos de NOS representados por meio dos temas elencados estão intimamente relacionados e, portanto, não devem ser discutidos desarticulados uns dos outros.

Ao final do estudo, os autores fazem alguns apontamentos críticos que merecem ser destacados. O primeiro deles é que há uma justaposição entre os temas considerados importantes no ensino de NOS elencados neste trabalho, com aqueles que são sugeridos por documentos norteadores do ensino. Contudo, existem componentes que estão presentes neste estudo que estão ausentes nestes documentos e vice-versa. Isto levou os autores a constatarem que não há um método, e nem um grupo de indivíduos que são capazes de estabelecer uma proposta universal para quais são os elementos essenciais de um currículo de ciências contemporâneo. Além disso, os conteúdos de natureza da ciência não podem mais ser marginalizados com base no argumento de que nenhum consenso existe sobre o que deve ser ensinado. Outro ponto que merece ser destacado é que, em atividades investigativas nas quais muitos aspectos de NOS são contemplados, é de suma importância que o professor os explicita e os discuta, pois caso contrário, estes aspectos podem passar despercebidos ou ainda, serem vislumbrados apenas parcialmente pelos alunos.

NATUREZA DA CIÊNCIA SOB HOLOFOTES: PERSPECTIVAS, PROPOSTAS E
CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS
Beatriz Carvalho Almeida

Apesar do consenso existente sobre quais aspectos de natureza da ciência são importantes que os alunos compreendam e sobre a validade de se discuti-los na educação básica, existem autores que fazem questionamentos a respeito deste consenso, os quais serão discutidos no próximo tópico.

4.5 – O que consiste em conhecimentos sofisticados sobre ciência?

Conforme discutido anteriormente, existe um consenso em documentos norteadores do ensino e entre educadores da ciência sobre o que deve ser contemplado no currículo escolar sobre natureza da ciência (Osborne et al., 2003). Contudo, autores como Elby & Hammer (2001) questionam este consenso no trabalho *On the Substance of a Sophisticated Epistemology*. Segundo os autores, muitos pesquisadores acreditam ser de grande importância que os alunos da educação básica entendam as dicotomias: ciência é (i) é provisória e em constante desenvolvimento, e não certa e imutável; (ii) é subjetiva, no sentido de que é influenciada pelas crenças dos cientistas, e não objetiva; (iii) o resultado da construção humana, e não “descoberta”; (iv) composta por um conjunto hierárquico de ideias e não apenas uma simples coleção de fatos. As críticas tecidas pelos autores a esta visão consensual se baseiam em dois argumentos.

O primeiro deles é baseado na ideia de que, muitas vezes, as crenças epistemológicas dos alunos são *produtivas*, isto é, fazem com que os alunos aprendam algo. Porém, elas diferem daquilo que filósofos e sociólogos da ciência acreditam ser visões “sofisticadas” sobre ciência. Nesse sentido, os autores destacam que ainda que se considere mais adequada a concepção de que o conhecimento científico é um empreendimento humano, muitas vezes é mais produtivo – para alunos e cientistas – pensarem que a ciência se constrói a partir de descobertas do mundo natural. Por exemplo, um aluno está mais sujeito a obter sucesso em aprender sobre ciência caso pense que esta trata da descoberta de verdades objetivas – tais como o movimento da terra, ou a extinção dos dinossauros, por exemplo – do que pensar que afirmações científicas variam de acordo com diferentes perspectivas.

O segundo argumento se baseia na ideia de que é *improdutivo e simplista* pensar que conhecimentos sofisticados sobre ciência são aqueles constituídos de uma série de generalizações que se aplicam a todas as disciplinas e a todos os contextos. Nesse sentido, é válido lembrar que os aspectos consensuais sobre NOS dependem do contexto em que estão sendo analisados e de outros julgamentos. Por exemplo, considera-se como adequada a concepção de que o conhecimento científico é provisório. Entretanto, não seria adequado se um estudante pensasse que a afirmação de que a terra gira é um

NATUREZA DA CIÊNCIA SOB HOLOFOTES: PERSPECTIVAS, PROPOSTAS E
CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS
Beatriz Carvalho Almeida

conhecimento provisório, uma vez que esta afirmação já é um conhecimento bem fundamentado na ciência. Por outro lado, é sensato que os alunos encarem como provisório e em desenvolvimento as diversas afirmações acerca da extinção dos dinossauros, visto que ainda não há um consenso na ciência em relação a isto.

Pautados nestes dois argumentos, os autores Elby & Hammer apontam para o fato de que muitas vezes os pesquisadores falham ao analisar as concepções dos estudantes sobre natureza da ciência, pois se baseiam somente nos aspectos consensuais considerados sofisticados, sem analisar estas concepções dentro de um contexto. Pensando nisso, os autores desenvolveram suas críticas por meio de quatro dimensões epistemológicas: Certeza vs. Tentativa; Realismo vs. Relativismo; Autoridade vs. Independência; Simplicidade vs. Complexidade.

➤ Certeza vs. Tentativa: para estes autores, a ideia de ciência como tentativa pode ser improdutiva em alguns casos. Por exemplo, um aluno que pensa nas Leis de Newton como sendo provisórias, pode acreditar que a mesma falha em algumas situações do cotidiano. Deste modo, o aluno pode utilizar a ideia de provisoriedade da ciência para sustentar suas concepções do senso-comum e com isto preferir utilizar suas concepções prévias sobre força e movimento. Por outro lado, um aluno que pensa nas Leis de Newton como certas e verdadeiras, tentará conciliá-las às situações do seu cotidiano. Além disso, nem todas as afirmações científicas são provisórias e em desenvolvimento, tais como a de que a terra gira em torno do sol ou a de que o coração é responsável pela circulação do sangue pelo corpo. Nesse sentido, possuir concepções sofisticadas sobre ciência é ter a capacidade de discernir os conhecimentos que já estão bem fundamentados daqueles que ainda estão em evolução.

➤ Realismo vs. Relativismo: segundo a visão consensual, a concepção de que a ciência é subjetiva e socialmente construída – isto é, relativismo – é sofisticada, ao passo que pensar que as verdades científicas estão presentes na natureza “aguardando” para serem descobertas – realismo – é uma visão não sofisticada sobre ciência do ponto de vista filosófico. Contudo, apesar de ser considerada inapropriada, a concepção realista da ciência pode ser produtiva, segundo os autores, pois seria aquela que gera comportamentos, atitudes e hábitos que levam ao “progresso”, que é definido por uma pessoa ou comunidade. Sendo assim, as visões de ciência de muitos cientistas podem ser consideradas não sofisticadas, já que para estes as crenças realistas suportam práticas de investigação, tais como a reprodutibilidade de resultados experimentais. Contudo, essas visões não podem ser consideradas improdutivas, considerando as conquistas de tantos cientistas que possuem essas crenças, muitos deles até laureados com o prêmio Nobel.

NATUREZA DA CIÊNCIA SOB HOLOFOTES: PERSPECTIVAS, PROPOSTAS E
CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS
Beatriz Carvalho Almeida

➤ Autoridade vs. Independência: de acordo com a visão consensual, estudantes que possuem concepções sofisticadas sobre ciência são aqueles que constroem seus próprios conhecimentos, ao invés de aceitarem afirmações de alguma forma de autoridade. Contudo, apesar de concordarem com a ideia de que autoridade não gera entendimento, os autores defendem que é importante não confundir entendimento com aceitação. Isso porque em situações práticas, estudantes são levados a aceitar algumas afirmações sem entendê-las de fato. Contudo, os autores sugerem que sofisticação epistemológica está relacionada a capacidade do estudante em distinguir se ele está apenas aceitando uma informação ou se de fato a compreendeu, bem como a habilidade de avaliar a confiabilidade de diferentes fontes de informação.

➤ Simplificação vs. Complexidade: neste caso, os autores concordam com a visão consensual de NOS de que é mais adequado pensar na ciência como um corpo de conhecimentos inter-relacionados, ao invés de pensar nestes como sendo simples e desconectados. Entretanto, observa-se que é mais fácil para os alunos pensarem nas disciplinas científicas como sendo isoladas, do que como um conjunto de conhecimentos inter-relacionados e coerentes. Desse modo, em muitos casos os alunos optam por tomar atitudes que levam a notas altas em avaliações, ao invés de tomar atitudes que levam a uma compreensão profunda do conteúdo. Por exemplo, alguns estudos mostram que estudantes de física se concentram em decorar fórmulas e algoritmos, ainda que eles saibam que para adquirir um conhecimento mais profundo, é necessário ter outras formas de estudo (Elby & Hammer, 2001 *apud* Elby, 1999a). Desse modo, os autores defendem que a sofisticação se encontra na capacidade do aluno de estabelecer recursos para decifrar a complexidade do conhecimento científico, do que tão somente concebê-lo como sendo um corpo coerente e interconectado de conhecimentos.

A outra crítica dos autores se dirige às pesquisas sobre concepções de alunos sobre NOS. Neste sentido, Elby e Hammer afirmam que neste tipo de pesquisa, entrevistas são uma boa estratégia para se verificar a dependência de contexto que possuem as concepções dos alunos. Contudo, os pesquisadores não se atentam para esta dependência, uma vez que são muito influenciados pela visão consensual de NOS, o que os leva a categorizar as concepções dos alunos apenas como ingênuas ou coerentes, o que, segundo os autores, é uma maneira simplista de interpretar estas concepções. Isso porque alguns estudos mostram que estudantes podem ter ideias estáticas, dinâmicas sobre ciência e ainda, aquelas que são difíceis de serem categorizadas (Elby & Hammer, 2001 *apud* Linn & Songer, 1993). Pensando nisso, os autores defendem que ao realizar este tipo de pesquisa, deve-se solicitar aos alunos que expressem suas visões a partir de vários exemplos do conhecimento científico, variando desde aqueles que já estão bem estabelecidos na

NATUREZA DA CIÊNCIA SOB HOLOFOTES: PERSPECTIVAS, PROPOSTAS E
CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS
Beatriz Carvalho Almeida

ciência, até aqueles que ainda estão em construção, de forma a ponderar sobre as nuances contextuais dessas visões.

Considerando tudo isso, Elby & Hammer apontam para algumas implicações para o ensino de ciências e a pesquisa em ensino de ciências. Em relação ao primeiro, defendem que os professores não devem simplesmente transmitir uma série de generalizações sobre natureza da ciência aos alunos, mas antes, promover oportunidades para que estes possam refletir sobre a relação entre teorias e evidências, levando a compreensão de porque algumas afirmações científicas (ex.: a terra é redonda) são mais bem estabelecidas que outras (ex.: foi um asteroide que causou a morte dos dinossauros). No que diz respeito às pesquisas no ensino de ciências, deve-se basear menos em questionários fechados, e mais atenção deve ser direcionada a analisar entrevistas de forma mais aprofundada. Além disso, os pesquisadores devem se preocupar menos em produzir *rankings* sobre sofisticação epistemológica das visões de NOS dos alunos e sim, em identificar recursos epistemológicos produtivos que possam ser desenvolvidos pelos alunos e que contribuam para que sejam capazes de aprender sobre ciência.

Conforme mencionado anteriormente neste tópico, até mesmo cientistas apresentam esta nuance contextual tão discutida pelos autores. Isto pode ser considerado um indício de que cientistas possuem uma visão de ciência diferente daquela defendida por filósofos, sociólogos e educadores da ciência? Pensando nisso, o que será que as pessoas diretamente envolvidas nas práticas científicas acreditam que os estudantes devem aprender sobre ciência?

4.6 – Ouvindo diretamente da “boca do cavalo”

Na tentativa de identificar quais aspectos de natureza da ciência estão incorporados em um contexto autêntico de investigação científica, os autores Wong & Hodson (2009) conduziram um estudo para pesquisar sobre o que os cientistas pensam sobre investigação científica e conhecimento científico. Este estudo foi então intitulado *From the Horse's Mouth⁹: What Scientists Say About Scientific Investigation and Scientific Knowledge*.

Neste estudo, os autores apontam para o fato de que muitas vezes os cientistas não reconhecem a si próprios nem suas ações em alguns estudos etnográficos realizados nos últimos anos (Wong & Hodson, 2009 *apud* Wolpert, 1994; Labinger, 1995). Além disso, os

⁹ A expressão “From the Horse's Mouth” traduzida para o português significa “ouvindo diretamente da boca do cavalo”, o que na língua portuguesa poderia ser entendido como “ouvindo diretamente da fonte”. Os autores provavelmente utilizaram esta expressão devido ao fato de ser uma pesquisa que busca saber as concepções dos cientistas sobre NOS.

NATUREZA DA CIÊNCIA SOB HOLOFOTES: PERSPECTIVAS, PROPOSTAS E
CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS
Beatriz Carvalho Almeida

documentos norteadores do ensino são desenvolvidos por educadores da ciência, destinando pouca atenção às concepções de NOS que os cientistas apresentam. Os educadores da ciência, por sua vez, baseiam-se nos trabalhos produzidos por filósofos, historiadores e sociólogos da ciência ao decidirem sobre quais elementos de NOS devem fazer parte do currículo escolar. Contrapondo-se a este fato, os autores defendem que aqueles que se encontram em um contexto autêntico de prática científica – os cientistas – têm muito a contribuir para a compreensão de como a ciência é produzida, quais são os objetivos desta e sua relação com a sociedade.

Para a realização deste estudo, os autores convidaram 30 cientistas, dentre os quais dois declinaram por estarem muito envolvidos em compromissos de trabalho. O tempo de carreira dos participantes variava entre 10 a 32 anos. O primeiro critério para a escolha dos participantes foi selecionar cientistas de diversas áreas, baseando-se na ideia de que existem diversas práticas que permeiam as diferentes disciplinas científicas. O segundo critério foi selecionar cientistas de diferentes países (Estados Unidos, Reino Unido, Suíça, Nova Zelândia e China). A diversidade da amostra selecionada não tinha como objetivo representar todas as diferentes características socioculturais e as diferentes disciplinas, mas antes, o de averiguar em quais aspectos as visões dos cientistas sobre NOS, adquiridas ao longo de suas experiências, se assemelham ou se diferenciam. Desejava-se também saber em que extensão as visões dos cientistas envolvidos em práticas da ciência em construção se assemelham a aquelas apresentadas nos currículos de ciências bem como, se estas visões dão suporte ou refutam concepções de ciências presentes em livros didáticos. Os autores utilizaram questionários e entrevistas para a coleta de dados.

A partir da análise dos dados obtidos, os autores puderam concluir, tendo como base as descrições dos cientistas de suas pesquisas e do seu dia-a-dia na comunidade científica, visões de ciências que podem ser comparadas ou contrastadas a aquelas visões presentes em livros didáticos e nos currículos de ciências. Além disso, os autores defendem que educadores, elaboradores de currículos e professores devem reconhecer que não há uma série de generalizações sobre natureza da ciência que sejam estáticas ao longo do tempo e que se apliquem a todas as áreas de conhecimento da ciência.

É importante destacar também que, assim como os autores Elby e Hammer (2001), – mencionados no tópico anterior deste trabalho –, não é interessante categorizar concepções de ciência como sendo ingênuas ou sofisticadas. Isso porque estas concepções dependem do contexto em que estão sendo analisadas. Por exemplo, a confiança dos cientistas em utilizar conhecimentos bem estabelecidos (tais como a relatividade especial)

NATUREZA DA CIÊNCIA SOB HOLOFOTES: PERSPECTIVAS, PROPOSTAS E
CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS
Beatriz Carvalho Almeida

na busca de novos conhecimentos, ao mesmo tempo em que abandonam com facilidade teorias que ainda não são bem fundamentadas (tais como a extinção dos dinossauros), mostra a possível coexistência de visões “ingênuas” e “sofisticadas” sobre tentativa na ciência (Wong & Hodson, 2009 *apud* Harding & Hare, 2000). Além disso, todos os cientistas que faziam parte da amostra possuem a concepção “inadequada” de que a ciência é universal, ao mesmo tempo que acreditam que esta é influenciada pelo contexto cultural e social. Mais uma vez, os autores reforçam que, desde que as concepções de ciência se adequem a um contexto específico e bem compreendido, estas devem ser consideradas ‘sofisticadas’.

Por meio deste estudo, os autores fazem alguns apontamentos em relação ao ensino de ciências. Um deles se relaciona ao modo como as atividades experimentais são abordadas no ensino básico. Com frequência este tipo de atividade é encarada como uma “receita de bolo”, no qual existem uma série de procedimentos a serem seguidos e existe uma resposta correta para todos os problemas. Além disso, nas aulas experimentais, professores não atentam os estudantes para o fato de que são as teorias que conduzem as investigações, influenciando no modo como os dados são coletados e analisados. Nesse sentido, vários dos cientistas participantes da pesquisa declararam que as teorias guiam as investigações científicas e as conclusões, o que contradiz a ideia de que existe objetividade absoluta na ciência. É importante ressaltar também que os dados de pesquisa nunca “falam por si mesmos”, tendo sempre que ser interpretados. Outro aspecto que muitas vezes não é contemplado nos currículos de ciências, é o fato de que os avanços tecnológicos modificaram muito o modo como os cientistas conduzem suas investigações. Nesse sentido, ampliar mais as discussões sobre as inovações tecnológicas no trabalho científico poderia contribuir para que os estudantes tenham uma visão mais fidedigna das práticas científicas atuais. Os autores defendem ainda, que é importante engajar os alunos em atividades investigativas em que mais de uma solução pode ser considerada aceitável para um dado problema.

Um aspecto que foi considerado consensual por todos os participantes, foi a grande variedade de abordagens investigativas existentes. Ao contrário do que se pensa, nem todos os métodos de pesquisa são de caráter experimental. Muitos são teóricos, outros reconstruções históricas, simulações computacionais e ferramentas de modelagem. Este fato deve ser pontuado no ensino de ciências com vista a desmistificar a visão de que há um único método (também conhecido como “método científico”) que se aplica a todas as áreas da ciência.

NATUREZA DA CIÊNCIA SOB HOLOFOTES: PERSPECTIVAS, PROPOSTAS E
CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS
Beatriz Carvalho Almeida

Ainda em relação às práticas científicas, os participantes declararam que deve-se explicitar aos alunos que experimentos e atividades de campo podem ter como objetivo prover experiência com algum fenômeno e evento, demonstrar uma ideia, princípio ou teoria, ou adquirir alguma habilidade específica em práticas de laboratório. Podem ainda ter como objetivo fazer medições, testar uma hipótese, manipular variáveis, coletar dados etc. Deste modo, os alunos podem compreender que são diversas as razões que levam os cientistas a realizarem experimentos.

Por fim, por meio deste estudo, Wong e Hodson concluíram que é mais importante que os professores discutam determinadas características do conhecimento científico dentro de um contexto, do que se preocupar com definições precisas sobre aspectos de NOS. Neste sentido, os autores afirmam que “a habilidade de compreender a função de uma parte do conhecimento científico e, crucialmente, ser capaz de usá-la de forma apropriada e produtiva, é mais importante do que um ‘adequado’ recital de definições” (Wong & Hodson, 2009 pág. 126).

Pensando em promover o ensino de natureza da ciência de maneira contextual, alguns autores discutem sobre a validade de utilizar questões sócio científicas que, além de possibilitar discussões sobre NOS, também contribuem para o desenvolvimento do pensamento crítico dos estudantes, conforme será discutido a seguir.

4.7 – *Questões sócio científicas e o pensamento crítico*

Neste tópico será relatado um estudo realizado por Zeidler e colaboradores – *Advancing Reflective Judgment through Socioscientific Issues* (Zeidler et. al., 2009) – que tem como objetivo avaliar as possíveis relações existentes entre o uso de questões sócio científicas (QSC) em um contexto de ensino e o desenvolvimento do pensamento crítico.

O movimento de questões sócio científicas foi desenvolvido pelas áreas de psicologia, filosofia e sociologia do desenvolvimento, com ênfase em discurso e argumentação. As QSC têm como objetivo engajar os estudantes em processos de tomada de decisão sobre assuntos atuais que sejam controversos. Segundo alguns autores, este tipo de abordagem de ensino faz com que os estudantes consigam refletir e estabelecer relações entre afirmações científicas, suas vidas e a qualidade de vida da comunidade que o cerca (Zeidler et. al., 2009 *apud* Driver, Leach, Millar, & Scott, 1996; Driver, Newton, & Osborne, 2000; Kolstø, 2001, 2006; Sadler, 2004; Zeidler, 2003).

Segundo Zeidler e seus colaboradores, o grande diferencial de uma abordagem de ensino baseada em QSC reside no fato de que estas favorecem, além das habilidades de argumentação relacionadas a questões morais e éticas, o desenvolvimento da formação de

NATUREZA DA CIÊNCIA SOB HOLOFOTES: PERSPECTIVAS, PROPOSTAS E
CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS
Beatriz Carvalho Almeida

caráter do estudante. Este fato é também o que diferencia QSC de abordagens do tipo ciência, tecnologia e sociedade (CTS). Isso porque a primeira abordagem, ao contrário da segunda, expõe os alunos a problemas morais, que apresentam diferentes pontos de vista morais e sociais, que podem até mesmo divergir daqueles que os alunos possuem. Um currículo baseado em QSC é também capaz de desenvolver consciência social e hábitos científicos da mente. Nesse sentido, os autores defendem que a articulação entre raciocínio moral e raciocínio científico é importante para se promover um ensino mais humanista e para a preparação dos alunos para a cidadania (Zeidler et. al., 2009 *apud* Zeidler, 2007).

Uma das vantagens apontadas pelos autores para o uso de QSC é o fato de que estas possibilitam discussões sobre NOS a partir de um contexto científico real, que de fato é influenciado social e culturalmente, assim como baseado em dados e teorias. Outra vantagem é que ao se discutir sobre QSC que ainda não possuem uma solução ou uma resposta, oportunidades são fornecidas para que os estudantes desenvolvam o raciocínio crítico.

Para a realização deste estudo, os autores selecionaram quatro turmas do 2º e 3º ano do ensino médio, com idades entre 16 e 18 anos, de uma grande escola no subúrbio da Flórida. Duas destas turmas eram consideradas com excelente desempenho acadêmico (denominadas “honors”) e as outras duas turmas possuíam diversos históricos acadêmicos (denominadas “regulares”). Uma das turmas *honors* e uma das turmas regulares constituíam o *grupo de comparação* e as outras duas turmas constituíam o *grupo de tratamento*.

Primeiramente, tanto o grupo de comparação quanto o grupo de tratamento receberam instruções explícitas sobre natureza da ciência dado a crença dos autores de que discussões sobre NOS são fundamentais em qualquer curso de ciências. Além disso, o ensino de NOS é considerado um objetivo bem estabelecido para o ensino de ciências (Zeidler et. al., *apud* Harding & Hare, 2000; Irez, 2006; Khishfe & Lederman, 2006; McComas, Clough, & Almazroa, 1998).

O currículo estabelecido para o grupo de comparação era baseado no livro didático de anatomia e fisiologia adotado pela escola, além do curso inicial de natureza da ciência descrito acima. A abordagem de ensino utilizada era do tipo tradicional e o objetivo primário era que os estudantes aprendessem sobre estrutura, função e patologia dos sistemas anatômicos. Já o currículo estabelecido para o grupo de comparação era baseado em questões sócio científicas, com foco explícito em discurso e argumentação, tendo os estudantes que engajar-se em processos de tomada de decisão sobre questões

NATUREZA DA CIÊNCIA SOB HOLOFOTES: PERSPECTIVAS, PROPOSTAS E
CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS
Beatriz Carvalho Almeida

controversas. Neste processo, os estudantes deveriam avaliar evidências, considerar diferentes cenários que levavam a conclusões diversas, bem como identificar consequências morais.

O instrumento utilizado pelos pesquisadores para a coleta de dados foi o Prototypic Reflective Judgement Interview (PRJI), por meio do qual um entrevistador apresenta um cenário, descrevendo uma questão não resolvida ao entrevistado. Este último, após se inteirar do cenário deve responder a 7 perguntas padrão, descrevendo o seu posicionamento em relação a esta questão, bem como uma justificativa para o seu posicionamento. No decorrer da entrevista, o entrevistado é levado a explicitar suas concepções em relação a certeza do conhecimento científico, a adequação de interpretações alternativas e a relevância da opinião de *experts*. Os pesquisadores aplicaram este instrumento ao início e ao final do ano escolar.

Por meio dos dados coletados, os autores observaram que as pontuações¹⁰ do pré e pós-teste praticamente não variaram para o grupo de comparação, ao passo que houve um aumento significativo na pontuação do pós-teste em relação ao pré-teste no grupo de tratamento. Além disso, os autores apontaram que alguns alunos apresentavam um grau de julgamento reflexivo mais avançado em se tratando de questões como Aditivos Químicos e Determinação Genética do Alcoolismo, ao passo que apresentavam julgamentos reflexivos menos avançados em questões relacionadas a Religião e Ciência. Em relação a esta última questão, foi constatado que a crença na ausência de evidências é consistente com crenças pessoais altamente “enraizadas”, o que faz com que sejam defendidas do ponto de vista da opinião pessoal e da autoridade dogmática. Sendo assim, os autores inferiram que o contexto no qual determinadas questões se enquadram, inibem o desenvolvimento do julgamento reflexivo dos alunos a estágios mais robustos de raciocínio.

Outro aspecto interessante observado pelos autores é que, de maneira geral, os estudantes conseguem desenvolver o julgamento reflexivo de forma significativa quando possuem mais interesse e quando possuem maior familiaridade com a complexidade das questões apresentadas.

Desse modo, os autores concluíram ao longo de todo o ano acadêmico em que estiveram em contato com os alunos, que o contexto no qual estes se encontram influencia no modo como raciocinam. Além disso, o desenvolvimento de formas mais robustas de

¹⁰ A pontuação no pré e pós teste tinha como parâmetro a capacidade de julgamento reflexivo dos alunos frente às questões sócio científicas apresentadas.

NATUREZA DA CIÊNCIA SOB HOLOFOTES: PERSPECTIVAS, PROPOSTAS E
CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS
Beatriz Carvalho Almeida

raciocínio tende a ser mais significativo quando as QSC abordadas são pessoalmente e socialmente mais relevantes para os alunos.

Os autores sugerem ainda que as discussões sobre questões sócio científicas promovem oportunidades para que os alunos adquiram visões mais coerentes de natureza da ciência. Nesse sentido, é ressaltado também que tendo em vista os objetivos atuais para o ensino de ciências, que compreende o raciocínio crítico frente aos problemas inerentes ao mundo real, uma abordagem de ensino que promove o julgamento reflexivo da ciência é importante.

Foram apresentadas até este momento, algumas propostas que questionam a visão consensual de NOS no ensino, ao mesmo tempo em que sugerem abordagens de ensino mais contextuais. O próximo estudo a ser apresentado também contempla essa ideia e busca também enfatizar o caráter dinâmico da ciência.

4.8 – Natureza da ciência e semelhança familiar

Conforme mencionado anteriormente, a proposta a ser apresentada neste tópico busca contemplar a riqueza e a dinamicidade do processo de produção da ciência. Como se sabe, são diversos os meios que os cientistas utilizam em suas investigações, tais como observação, experimentação, construção de modelos, testes etc. Da mesma forma, são diversas as áreas que constituem a ciência, tais como a física, a química, a biologia, a zoologia, botânica, dentre outras. Sendo assim, como caracterizar a ciência de modo a considerar seu caráter multifacetado? Pensando nisso, os autores Irzik & Nola (2010) apresentam uma abordagem de ensino baseada no conceito de semelhança familiar (*A Family Resemblance Approach to the Nature of Science for Science Education*) que, segundo estes, possuem vantagens em relação a ideia de visão consensual de NOS.

Segundo estes autores, os itens apresentados nas listas consensuais de natureza da ciência não são incorretos, mas apresentam algumas limitações. Primeiramente, os autores argumentam que as listas mostram uma visão muito restrita da ciência. Por exemplo, a afirmação de que não existe um método científico pode levar a concepção de que não existem métodos e regras para a produção da ciência. É certo que não há um único método científico, rígido e que deve ser seguido de forma algorítmica e mecânica. Contudo, existem algumas metodologias que são inerentes às práticas científicas, sem as quais, não seria possível que erros fossem identificados, nem seria possível avaliar a confiabilidade de afirmações científicas.

Em segundo lugar, os autores apontam que as listas não exploram sobre as diferenças existentes entre as disciplinas científicas. Por exemplo, disciplinas como

NATUREZA DA CIÊNCIA SOB HOLOFOTES: PERSPECTIVAS, PROPOSTAS E
CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS
Beatriz Carvalho Almeida

astronomia e cosmologia se diferem da química por não se basearem na experimentação. Além disso, as listas falham em demonstrar como a natureza da ciência muda ao longo do tempo. Nesse sentido, pode-se pensar que muitas disciplinas científicas não tinham tratamento matemático, sendo que isto só foi se tornar uma prática da ciência depois de certo período histórico.

Finalmente, os autores também criticam o fato de que alguns aspectos da lista consensual não são amplamente discutidos. Por exemplo, de acordo com a visão consensual a ciência é influenciada por fatores sociais e culturais. Desse modo, porque a ciência é “aceita” em diferentes locais, com diferentes culturas? Além disso, de acordo com a visão consensual a ciência é guiada por teorias e subjetiva. Mas isso faz com que não haja objetividade na ciência? Se não, porque?

Pensando nas limitações apontadas acima é que os autores sugerem a abordagem da “semelhança familiar”, que se baseia na ideia de que os membros de uma família podem compartilhar algumas características, ou podem ser diferentes em relação a outras. Partindo dessa ideia, Irzik & Nola explanam sobre como a ideia de semelhança familiar se aplica a alguns aspectos de NOS, levando em consideração quatro tópicos principais: (i) atividades; (ii) objetivos e valores; (iii) metodologias e regras metodológicas e (iv) produtos.

Em relação às atividades da ciência, é destacado que estas são diversas (observação, experimentação, tratamentos matemáticos etc.) e podem ou não serem compartilhadas pelas disciplinas científicas. Por exemplo, na física existem tanto práticas experimentais quanto tratamentos matemáticos, enquanto na botânica há atividades de classificação, mas pouco ou nenhum tratamento matemático. É importante ressaltar também que uma mesma atividade pode ter diferentes objetivos. Por exemplo, as observações feitas em trabalhos astronômicos não possuem as mesmas finalidades que as observações feitas em arqueologia e etologia.

Os autores destacam também que existem diversos valores e objetivos para a ciência. Por exemplo, uma visão realista da ciência se assemelha a visão empirista construtivista no sentido que ambas compartilham a visão de que a ciência busca a verdade ao nível daquilo que é observável. Contudo, elas divergem pois, somente de acordo com a visão realista, é possível encontrar a verdade ao nível daquilo que não é observável. Pensando então nestes diferentes pontos de vista, a proposta da semelhança familiar não é assumir um destes posicionamentos, mas sim, entender que cada um deles apresentam perspectivas diferentes para os objetivos da ciência.

NATUREZA DA CIÊNCIA SOB HOLOFOTES: PERSPECTIVAS, PROPOSTAS E
CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS
Beatriz Carvalho Almeida

Conforme mencionado anteriormente, não existe metodologia científica ou regras metodológicas de acordo com a visão consensual. Contudo, conhecer um pouco sobre metodologias como indutivismo e hipotético-dedutivismo pode ser interessante para se compreender sobre a natureza dos métodos empregados na ciência, ainda que sejam altamente idealizados. Sendo assim, essas metodologias não devem ser tomadas como características reais do dia-a-dia daqueles que fazem ciência, mas elas podem ajudar a compreender como são detectados equívocos e como se avalia a confiabilidade do conhecimento científico. Nesse sentido, as disciplinas científicas podem ou não compartilhar as mesmas metodologias. Por exemplo, em áreas como a física não se realiza experimentos do tipo duplo cego, ao passo que estes são bastante comuns nas ciências médicas.

Em relação aos produtos da ciência, ainda que algumas disciplinas obtenham resultados de observações e dados, nem sempre estes são classificados da mesma maneira. Por exemplo, as taxonomias feitas em biologia sobre objetos como coração, rins, células e genes, em geral são caracterizadas de acordo com suas funções; no entanto, as taxonomias realizadas em química sobre átomos não são baseadas em função e sim, em propriedades atômicas como número e peso. A perspectiva da semelhança familiar, tem então como objetivo identificar quais as similaridades e as diferenças em relação ao modo como as disciplinas utilizam seus resultados.

De acordo com os autores, a vantagem de se utilizar uma abordagem como a semelhança familiar em relação a visão consensual, está principalmente no fato de que esta última não contempla discussões sobre as diferentes atividades, objetivos e metodologias da ciência, temas que são centrais na primeira. Além disso, a proposta de semelhança familiar aborda sobre estes temas de maneira integrada. Desse modo, entende-se que as atividades da ciência possuem diferentes objetivos, que com o auxílio de metodologias e regras metodológicas (e quando bem-sucedidas), levam a resultados diversos e, portanto, a produção de conhecimento.

Além disso, outra vantagem desta abordagem do ensino é que a mesma contempla as diferenças e similaridades existente entre as diversas disciplinas científicas, o que parece ser negligenciado na visão consensual de NOS. Desse modo, é enfatizado que não existe uma série de características que é comum a todas as áreas da ciência ou que são compartilhadas por todas elas.

Finalmente, ao contrário da visão consensual, a proposta de semelhança familiar não apresenta uma visão estática em relação ao tempo de natureza da ciência. Nesse

NATUREZA DA CIÊNCIA SOB HOLOFOTES: PERSPECTIVAS, PROPOSTAS E
CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS
Beatriz Carvalho Almeida

sentido, ao se discutir o desenvolvimento histórico da ciência, abre-se espaço para refletir que nem sempre as práticas científicas eram iguais a aquelas que temos atualmente. Por exemplo, disciplinas como a física, a química, o magnetismo e a eletricidade só foram descritas matematicamente quando do seu desenvolvimento científico, nos séculos XIII e XIX. Além disso, até o século XX não haviam regras metodológicas que apontavam para a necessidade de se realizar procedimentos cegos na experimentação com humanos. Por tudo isso, Irzik & Nola defendem que a abordagem por eles proposta é pertinente pois contempla o desenvolvimento histórico da ciência, bem como o seu caráter dinâmico.

Algumas das propostas apresentadas até este momento, apontam para alguns temas, ou algumas discussões que não são devidamente contempladas na visão consensual de NOS. Pensando nisso, será abordado a seguir sobre um importante aspecto de natureza da ciência que raramente é ressaltado nos currículos escolares: a comunicação na ciência.

4.9 – Comunicação científica e natureza da ciência

Neste tópico, será apresentada uma abordagem de ensino proposta pelo autor Kristian H. Nielsen, que salienta a importância da comunicação no processo de produção de conhecimento, ao mesmo tempo em que relaciona a comunicação científica à natureza da ciência (Nielsen, 2012). Para desenvolver tal ideia, o autor explicita algumas dessas relações, as quais serão discutidas a seguir.

Primeiramente, é destacado que a ciência é uma atividade semiótica, no sentido de que tem como objetivo utilizar sinais para produzir significados, sendo que isto é feito em um contexto social e por meio de processos sociais. Nesse sentido, o que diferencia a ciência de outras formas de conhecimento são seus códigos característicos, os quais só fazem sentido em um contexto social específico. Dessa forma, a utilização destes códigos característicos exige estruturas sociais diferenciadas e, à medida que estas se desenvolvem, novos significados são produzidos. Pensando nisso, a linguagem científica é que torna possível a produção de conhecimento, uma vez que esta

“... torna possível a transformação da experiência em significado; ao contrário de outras linguagens, a ciência sistematicamente faz uso do poder transformador de certos elementos linguísticos na elaboração de novas estruturas de significado...” (Nielsen, 2012) [Tradução nossa]

Outro aspecto muito interessante apontado pelo autor é que a comunicação científica não se faz presente somente na forma de textos que são apresentados à comunidade científica. De fato, os textos são importantes para a comunicação e para o desenvolvimento do conhecimento, em que elementos como o idioma e a retórica são

NATUREZA DA CIÊNCIA SOB HOLOFOTES: PERSPECTIVAS, PROPOSTAS E
CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS
Beatriz Carvalho Almeida

fundamentais neste processo. Contudo, a comunicação científica se estende para além daquilo que é publicado em textos, como é o caso da comunicação presente no cerne da produção de conhecimentos: os laboratórios. Para ilustrar esta ideia, o autor utiliza como exemplo o estudo etnográfico conduzido por Latour e Woolgar (1986), denominado *Laboratory Life*. Neste estudo, é relatado o cotidiano de um laboratório, onde objetos materiais (neste caso, biomoléculas) são transformadas em sinais ou inscrições. Estas inscrições se transformavam então em rascunhos, tabelas, diagramas, figuras, imagens etc. Ao observar a mesa de trabalho dos pesquisadores, o antropólogo observou que além do montante de textos produzidos por meio das atividades realizadas no laboratório, havia também vários outros textos produzidos fora do laboratório, tais como artigos publicados e materiais de conferências. Desse modo, percebeu-se a importância que os cientistas dão a elementos textuais, e como estes são fundamentais para a comunicação científica a respeito de objetos. As atividades de laboratório são então responsáveis por produzir textos, que serão comunicados por meio de publicações que, posteriormente farão parte do material de pesquisa de outros cientistas, em outros laboratórios.

Em relação às publicações, o autor destaca também a importância da revisão por pares no processo de comunicação científica, já que esta é uma forma de validação de conhecimentos na ciência. Isto porque a revisão e a validação pelos pares faz com que uma pesquisa científica receba legitimidade e credibilidade, assim como também recebe o(s) autor(es). A revisão por pares é ainda uma forma de regular o fluxo da comunicação entre autores e leitores em potencial.

Ao estabelecer relação entre a comunicação científica e aspectos de NOS, o autor utiliza-se da lista consensual proposta por Lederman, anteriormente discutida neste trabalho. Desse modo, Nielsen afirma que a comunicação científica pode ser vista tanto como um oitavo item a ser adicionado à lista, como pode também conferir a esta uma perspectiva diferente. A seguir, serão elencados novamente os sete itens da lista de Lederman para nortear o leitor na discussão que virá a seguir.

- 1 – Diferenças entre observação e inferência;
- 2 – Diferenças entre leis e teorias;
- 3 – A ciência necessita de criatividade e imaginação;
- 4 – O conhecimento científico é guiado por teorias;
- 5 – A ciência é culturalmente e socialmente influenciada;
- 6 – O conhecimento científico é susceptível a erros e modificações;

NATUREZA DA CIÊNCIA SOB HOLOFOTES: PERSPECTIVAS, PROPOSTAS E
CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS
Beatriz Carvalho Almeida

7 – Diferenças entre natureza da ciência e investigação científica.

Caso a comunicação científica fosse adicionada à lista como um oitavo item, deveria ser enfatizado que esta é fundamental para a construção do conhecimento científico. Além disso, existem várias formas de comunicação, tais como linguagem técnica, retórica, revisão por pares etc. Sem a comunicação não haveria o compartilhamento de conhecimentos e de informações significativas, fundamentais ao desenvolvimento da ciência.

Em relação a lista de princípios, Nielsen explora os itens da lista sob a perspectiva da comunicação científica, conforme será discutido a seguir:

➤ Itens 1, 2 e 3: a linguagem científica é técnica e sistemática, mas é também criativa e produtiva. Isso porque o idioma é capaz de descrever fenômenos observáveis, como também de prover termos e explicações para fenômenos não observáveis. A medida em que a linguagem científica desenvolve novos códigos, novas formas de observação e explicação vão gradualmente se desenvolvendo, o que reflete o caráter especulativo e criativo da ciência.

➤ Itens 4 e 6: o processo de comunicação do conhecimento envolve conversas de laboratório, escolher instrumentos que fornecem as melhores inscrições, negociar autoria, discussões em conferências, revisão de pares e publicação/rejeição. Entretanto, todas estas formas de comunicação que constituem o discurso científico são baseadas em conhecimentos já existentes, o que equivale a dizer que a ciência é guiada por teorias. Em relação a tentativa na ciência, Nielsen defende que apesar de o conhecimento científico ser objetivo e universal de certa forma, ele não existe por si só. Sendo assim, um conhecimento vai sendo cada vez mais ou menos aceito a medida que “participa” da comunicação científica. Desse modo, é importante que os alunos compreendam que a medida em que um conhecimento vai sendo comunicado aos pares, ele vai se tornando cada vez menos provisório.

➤ Item 5: pode-se perceber facilmente a relação entre influência da cultura na ciência, sob a perspectiva da comunicação científica. Uma vez que a comunicação é uma construção cultural, com uma história social e com um viés técnico, ela pode ser vista como um artefato cultural e tecnológico. Além disso, a linguagem e os códigos particulares da ciência fazem com que ela esteja relacionada a outros aspectos da cultura por meio da comunicação.

➤ Item 7: segundo o autor, não é simples estabelecer a relação entre a inclusão da comunicação científica e o esclarecimento das diferenças entre natureza da ciência e investigação científica. Isso porque é diferente utilizar ferramentas comunicativas em

NATUREZA DA CIÊNCIA SOB HOLOFOTES: PERSPECTIVAS, PROPOSTAS E
CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS
Beatriz Carvalho Almeida

aulas de ciências e elucidar sobre estas ferramentas aos alunos. Da mesma forma, fazer ciência é diferente de discutir sobre ciência. O objetivo de se discutir sobre natureza da ciência é contribuir para que os estudantes reflitam e compreendam o processo de produção de conhecimento. Sendo assim, discutir sobre comunicação científica pelo viés de NOS é diferente da comunicação existente sobre fenômenos naturais por exemplo. Pensando nisso, ao se discutir comunicação como parte da ciência, deve-se ter em mente estas diferenças.

Finalmente, o autor sugere algumas implicações dessa proposta para o ensino de ciências. Primeiramente, é destacado que a temática “práticas de comunicação científicas” deve ser incorporada tanto a currículos de ciência que contemplem discussões sobre NOS, assim como em instrumentos de avaliação. Além disso, assim como outros aspectos de NOS, a comunicação científica deve ser abordada de forma explícita, de modo que os alunos sejam capazes de identificar os diferentes modos de investigação científica, compreender o papel da comunicação em ciência, bem como refletir sobre a relação entre produção do conhecimento científico e comunicação.

O autor destaca também que as práticas comunicativas dos alunos devem ser consideradas como objetivos de aprendizagem e que, portanto, devem ser consideradas nas avaliações. Durante as aulas, o professor pode definir o modo de comunicação a ser utilizado pelos alunos, com vista a facilitar algum processo de comunicação, como pode também deixar que os alunos escolham as ferramentas comunicativas a serem utilizadas. Em todo o caso, é fundamental prover oportunidades para que os estudantes reflitam sobre a importância da comunicação entre eles; em quais aspectos a comunicação entre eles se difere da comunicação na ciência; e ainda, engajar-se em discussões sobre em que medida a comunicação faz parte das investigações científicas. É válido ressaltar que para a implementação de atividades que contemplem estes tipos de discussão, deve-se sempre considerar o grau de habilidade que os alunos possuem para refletir sobre estas questões.

Além da comunicação na ciência, a economia da ciência também é uma temática relevante para o ensino de NOS que tem sido pouco discutida em pesquisas sobre ensino de ciências. Pensando nisso, optou-se por inserir uma proposta que contemple este tema neste trabalho, a qual será discutido no tópico que se segue.

4.10 Economia da ciência

Conforme mencionado anteriormente, pouco se discute sobre a ciência do ponto de vista econômico em pesquisas em ensino de ciências. Pensando nisso, Erduran & Mugaloglu (2013) discutem sobre a importância de se inserir aspectos relacionados a

NATUREZA DA CIÊNCIA SOB HOLOFOTES: PERSPECTIVAS, PROPOSTAS E
CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS
Beatriz Carvalho Almeida

economia da ciência. Nesse sentido, os autores traçam argumentos que se articulam a duas situações conflitantes. Por um lado, tem havido um esforço por parte da comunidade acadêmica de ampliar a educação em ciências de tal modo que esta seja *contextual*, o que inclui discussões sobre as dimensões da economia da ciência. Por outro lado, existe a mercantilização do conhecimento, que se caracteriza pelo acesso restrito aos produtos do empreendimento científico.

Conforme mencionado acima, os autores apontam argumentos para a inserção da economia da ciência no ensino. O primeiro deles é que tem aumentado a quantidade de pesquisas dedicadas a caracterização da ciência. Este foco sobre a caracterização da ciência, no contexto do ensino de ciências, é então apropriado para investigar quais aspectos de economia da ciência devem ser inseridos no ensino. O segundo argumento, estaria relacionado a como a pesquisa em ensino de ciências pode contribuir para a economia da ciência. Isso porque, o estabelecimento e a manutenção do empreendimento científico dependem inteiramente da formação de cientistas por meio do sistema de ensino.

Além disso, um dos argumentos implícitos para a inserção da economia da ciência é a ideia de que os cientistas e o público devem possuir letramento científico, sendo este um dos principais objetivos do ensino de ciências atual. Pensando nisso, Erduran & Mugaloglu apontam que por meio de suas pesquisas, foi possível identificar duas visões diferentes para o que se considera ser letramento científico, e que o ensino de aspectos relacionados a economia da ciência pode se enquadrar nessas duas visões. De acordo com a visão 1, o público deve possuir a compreensão da ciência utilizada pela sociedade, da epistemologia da ciência e do empreendimento científico. Sendo assim, a noção de ciência como empreendimento econômico se enquadra dentro da visão 1, pensando-se nos aspectos econômicos que conduzem, impedem ou permitem a investigação científica. De acordo com a visão 2, o letramento científico envolve a compreensão do mundo de maneira similar à que os cientistas possuem, o que envolve a capacidade de elaborar explicações e hipóteses sobre o mundo. Deste modo, uma pessoa deve ser capaz de se questionar e encontrar respostas para questões que surjam por meio de suas experiências diárias, o que envolve a habilidade de descrever, explicar e prever um fenômeno natural (Erduran & Mudaloglu *apud* NRC, 1996. p. 22). Conforme será discutido posteriormente, as discussões que envolvem economia da ciência também se enquadram na visão 2, tais como a comercialização de alguns conhecimentos científicos (ex.: patentes de organismos geneticamente modificados).

NATUREZA DA CIÊNCIA SOB HOLOFOTES: PERSPECTIVAS, PROPOSTAS E
CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS
Beatriz Carvalho Almeida

Para fundamentar esta proposta, os autores discorrem sobre algumas ideias-chaves relacionadas a literatura existente sobre economia da ciência. Nesse sentido, os autores esclarecem o conceito de mercantilização da ciência que pode ser compreendido em termos da natureza comercial da ciência. A mercantilização da ciência relaciona-se a produção de conhecimento científico como propriedade privada. Entretanto, apesar da existência e do desenvolvimento da ciência como um mercado, existe também a criação de barreiras para impedir o consumo livre do conhecimento científico pelos produtores públicos e/ou rivais de conhecimento científico. Os autores apontam também para a relação estreita entre ciência e tecnologia, que tem sido essencial para a economia da ciência, uma vez que a tecnologia contempla aspectos tais como produtividade, crescimento, *commodities* e mercados (Erduran & Mugaloglu, 2013 *apud* Diamond, 2008). Ainda em relação a tecnologia, os autores destacam que esta é fundamental para novas oportunidades de lucro, o que acontece tanto por meio da criação de demanda por novos produtos, quanto pela diminuição do custo de produção. Além disso, a posse de conhecimentos científicos e tecnológicos está relacionada com o acesso ao poder e formas de controle dos recursos econômicos, assim como das sociedades (ex.: energia nuclear).

Os autores ressaltam também que o valor do conhecimento científico que é produzido está intimamente vinculado, em termos econômicos, às leis da oferta e da procura e em termos políticos, aos objetivos e necessidades do governo (Erduran & Mugaloglu, 2013 *apud* Salomon 1985, p. 80). Em relação a este último, está o interesse dos governos em promover um crescimento econômico sustentável, objetivo este que só pode ser alcançado por meio das inovações tecnológicas.

Outro aspecto relevante da economia da ciência é o financiamento de pesquisas, sem o qual é impossível que os cientistas produzam conhecimento científico. As fontes de financiamento podem vir tanto dos estados, quanto das empresas que, conforme mencionado anteriormente, necessitam que conhecimento científico seja produzido para atender às suas necessidades. Por esta mesma razão, estes financiadores desejam que o acesso ao conhecimento produzido não seja divulgado ao público. Isso dá origem então ao caráter comercial da ciência e, ao mesmo tempo a criação de barreiras de mercado.

Por fim, pensando na importância de se discutir sobre as normas e valores da ciência com vista a promover a compreensão de NOS, e na relevância dos aspectos financeiros para o desenvolvimento e difusão da ciência, os autores ressaltam a importância de se inserir tais questões no ensino. Além disso, se um dos objetivos do ensino de ciências é promover o letramento científico e a compreensão da ciência como

NATUREZA DA CIÊNCIA SOB HOLOFOTES: PERSPECTIVAS, PROPOSTAS E
CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS
Beatriz Carvalho Almeida

um empreendimento que possui especificidades, se faz necessário a discussão sobre temas relacionados a economia.

Uma das questões que tem suscitado discussões em relação a economia da ciência, é a dicotomia entre *invenção* e *descoberta*. Acredita-se que invenção e descoberta, assim como fato e artefato, se diferem da seguinte maneira: enquanto os fatos pertencem ao domínio da natureza, os artefatos pertencem ao domínio da cultura (Erduran & Mugaloglu, 2013 *apud* Irzik 2010). Devido a existência dessa dicotomia, os autores sugerem algumas questões que poderiam ser problematizadas em sala de aula, tais como a engenharia genética, por exemplo. Sabe-se que os genes fazem parte dos sistemas biológicos, mas não podem existir de forma isolada na natureza. Em relação a isso, alguns pesquisadores da Universidade de Harvard criaram um rato geneticamente modificado, para fins de estudo, que é suscetível ao câncer, chamado “oncomouse”. A grande questão é: deveria então este rato geneticamente modificado ser considerado uma invenção e, portanto, ser patenteado, ainda que existam ratos na natureza? Outro exemplo que pode ser citado, é o das pesquisas em química orgânica. Alguns químicos orgânicos produzem substâncias que já existem na natureza, mas a descoberta de tais substâncias ainda não ocorreu por meio de investigações em produtos que já existem naturalmente. Deveria então ser considerado um artefato, uma substância orgânica que já existe naturalmente na natureza?

Os autores defendem então que discussões guiadas por este tipo de questão, podem contribuir para o entendimento do aluno sobre a complexidade de se distinguir entre fatos e artefatos e ainda, fazê-lo atentar para as questões éticas e profissionais que permeiam a ciência como um empreendimento social. Dessa forma, é possível promover a reflexão sobre questões como “é ético patentear e vender substâncias que já existem?, ou “o acesso ao conhecimento científico deve ser restrito somente aos financiadores, especialmente quando se fala dos benefícios medicinais de uma droga que está sendo patenteada?”.

Por fim, Erduran & Mugaloglu defendem também que, ainda que a existência de discussão sobre temas relacionados a economia da ciência em sala de aula possa inculcar muitos argumentos econômicos na mente dos alunos, seria prejudicial para educação dos mesmos se tais questões fossem omitidas. A omissão de tais questões seria desfavorável tanto ao público em geral, quanto aos novos cientistas, pois estes não poderiam compreender a complexidade do processo de tomada de decisões que permeiam as questões sócio científicas. Além disso, outro aspecto apontado pelos autores é que, se a comercialização do conhecimento é responsável por fomentar problemas de desigualdades na sociedade, então devemos formar pessoas que sejam capazes de desafiar

NATUREZA DA CIÊNCIA SOB HOLOFOTES: PERSPECTIVAS, PROPOSTAS E
CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS
Beatriz Carvalho Almeida

e reformular tais desigualdades, o que não é possível sem que haja consciência destes problemas. No que diz respeito aos professores, estes podem utilizar-se de ferramentas como a argumentação para a elaboração de aulas que contemplem estas questões. Entretanto, a argumentação é uma ferramenta relativamente nova para professores de ciências, mesmo para aqueles que são experientes. Sendo assim, é válido ressaltar sobre a importância de uma formação de professores de ciências que busque desenvolver habilidades para lidar com a complexidade dos problemas representados (Erduran & Mugaloglu, 2013 *apud* Simon et al. 2006).

Pensando em propostas – como a discutida neste tópico – que tenham como objetivo um ensino de ciências mais contextual, com vista a preparar os alunos para lidarem com questões que possam emergir em seu cotidiano, é que abordaremos a proposta que se segue.

4.11 – *Whole Science*

Pensando no objetivo de se promover um ensino de ciências mais contextual, discutido em algumas das propostas anteriores, Allchin (2011) propõe uma perspectiva diferente para o ensino de natureza da ciência, por meio do conceito denominado *Whole Science*, sobre o qual será discutido a seguir.

Para fundamentar sua proposta, este autor parte do princípio de que, se o letramento científico é um objetivo para o ensino de ciências, então os alunos devem adquirir a capacidade de solucionar problemas e tomar decisões sobre questões relacionadas a ciência que são inerentes ao seu cotidiano. Deste modo, para que um estudante adquira a capacidade de “participar” da ciência, este deve adquirir algumas habilidades, como por exemplo, saber avaliar a credibilidade de evidências. Sendo assim, um ensino com vista a promover o letramento científico deve contemplar discussões sobre os critérios que tornam uma evidência científica confiável. Além disso, o aluno deve compreender também que muitas vezes os *experts* da ciência podem cometer erros, sendo necessário então saber avaliar possíveis incertezas e fontes de erros. É válido ressaltar ainda, que os *experts* da ciência podem também discordar entre si. Desta forma, para que um estudante seja capaz de avaliar a credibilidade de afirmações que se contradizem, é necessário que este entenda quais são os métodos usados para garantir confiabilidade, e quais são os seus limites.

Sendo assim, considera-se um cidadão bem informado, aquele que é capaz de dialogar com cientistas sobre tópicos que conhecem pouco, ou nada. Isso é possível se um estudante é capaz de reconhecer evidências relevantes; compreender os limites, bem

NATUREZA DA CIÊNCIA SOB HOLOFOTES: PERSPECTIVAS, PROPOSTAS E
CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS
Beatriz Carvalho Almeida

como os fundamentos de afirmações científicas que ainda estão em desenvolvimento; e entender as incertezas que existem na ciência. Pensando nisto, Allchin ressalta que, assim como um crítico de arte é capaz de julgar um trabalho artístico sem necessariamente fazê-lo, assim também um aluno deve ser capaz de interpretar ou criticar a ciência, ainda que não seja um cientista.

Pensando nestes aspectos até aqui mencionados, é que este autor se contrapõe a ideia de listas consensuais de NOS, como a proposta por Lederman (2006). Segundo Allchin, estas listas não se enquadram no objetivo de se promover a tomada de decisões pessoais e sociais sobre questões envolvendo ciência. Além disso, não existem evidências de que a compreensão de aspectos de NOS seja relevante para que um estudante possa lidar de maneira efetiva com estas mesmas questões. Sendo assim, o ensino de NOS precisa ser *funcional*, e não declarativo (Allchin, 2011 *apud* Ford, 2008; Rudolph, 2000), aspecto este que é negligenciado pelas listas consensuais. Outra crítica do autor as listas se deve ao fato de que, além de conterem itens que são irrelevantes para uma compreensão funcional da ciência, elas omitem outros que são importantes, tais como o papel extremamente relevante da credibilidade em ciência; as interações sociais entre os cientistas; e o papel do financiamento, revisão por pares, fraude e validação.

As críticas do autor se estendem também a instrumentos de avaliação de conhecimentos de NOS, tais como o VNOS-C (ver em Lederman et al., 2002), que possui questões como “O que é um experimento?”. Allchin defende que esta questão é irrelevante no contexto de tomada de decisões pessoais e sociais. Saber se uma evidência foi obtida por meio de experimentação ou observação não é tão importante quanto entender o processo de controle de variáveis, por meio do qual são feitas várias observações paralelas, que diferem em uma única variável. Este é um aspecto essencial para se compreender como evidências funcionam e em que circunstâncias elas podem falhar. Entender como avaliar evidências se constitui um dos critérios para a formação de um cidadão responsável, capaz de tomar decisões bem informadas. Por outro lado, as diferentes perspectivas filosóficas sobre o que constitui um experimento podem ser marginalizadas, dado que natureza da ciência não compreende apenas aspectos de filosofia da ciência.

Pensando em um ensino de NOS que contemple todas as dimensões da prática científica, é que Allchin propõe o conceito de *Whole Science*¹¹. Este pode ser compreendido

¹¹ O termo *Whole Science*, traduzido para o português pode ser entendido como *Ciência Integral*.

NATUREZA DA CIÊNCIA SOB HOLOFOTES: PERSPECTIVAS, PROPOSTAS E
CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS
Beatriz Carvalho Almeida

como um modo de ver a ciência de maneira integral, isto é, de maneira holística. Deste modo, o autor declara que

Whole Science, assim como comida integral, não exclui ingredientes essenciais. Ela dá suporte a um entendimento saudável. Metaforicamente, os professores precisam desencorajar uma dieta altamente processada, refinada pela "ciência da escola". Listas de características de NOS limitadas e truncadas são simplesmente prejudiciais para a compreensão da ciência." (Allchin, 2013; p. 25)
[Tradução nossa]

A noção de Whole Science é ainda um esforço para se caracterizar NOS de uma forma ampla, contemplando aspectos tais como: os variados tipos de investigação que existem na ciência (documentar, descrever e organizar fenômenos naturais, mapeamento de causas, construção de modelos e teorias etc.); as trocas de materiais, amostras e argumentos textuais entre cientistas; e as interações sociais entre os cientistas, uma vez que o conhecimento não se constrói somente a partir de métodos cognitivos e probatórios.

Contemplando os objetivos desta proposta, Allchin sugere a utilização de estudos de caso históricos e contemporâneos. Em relação aos estudos de caso históricos, o autor faz uma crítica ao fato de que as abordagens envolvendo história da ciência, em geral partem do conhecimento já estabelecido na ciência, para a partir disso fazer uma retrospectiva de como se chegou a este conhecimento. Contudo, Allchin defende que a história deve ser utilizada em uma perspectiva de ciência em construção, isto é, deve ser usada como uma ferramenta para construir o conhecimento. Deste modo, os estudos de casos históricos devem apresentar aos alunos todas as incógnitas e incertezas com as quais os cientistas do passado tiveram que lidar. Afinal, são justamente essas incertezas que caracterizam o trabalho de cientistas da atualidade. Por meio destes casos históricos, os alunos têm a oportunidade de se engajar em atividades de investigação, nas quais terão que raciocinar, tomar decisões em determinados pontos e ainda, desenvolver a habilidade de refletir sobre natureza da ciência.

Os estudos de caso contemporâneos são aqueles que envolvem questões que os alunos podem encontrar em seu cotidiano, e sobre os quais a ciência ainda não chegou a um consenso, isto é, são conhecimentos em evolução. Por este motivo, é necessário que o aluno faça uma análise bem informada desta questão. Por meio destes estudos de caso, é possível constatar o grau de sofisticação do entendimento do aluno das práticas científicas, e a relevância deste entendimento para a tomada de decisão. É válido lembrar ainda que não é solicitado ao aluno para justificar uma posição particular, já que isso pode haver influências de ideologias pessoais dos alunos. Ao contrário, deseja-se com os casos

NATUREZA DA CIÊNCIA SOB HOLOFOTES: PERSPECTIVAS, PROPOSTAS E
CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS
Beatriz Carvalho Almeida

contemporâneos que os alunos tenham a oportunidade de desenvolver um conhecimento funcional de natureza da ciência.

A seguir, será descrito um estudo de caso proposto por Allchin em seu livro *Teaching the Nature of Science: Perspectives and Resources*.

Questão protótipo para avaliar conhecimentos de NOS

Revisão sobre recomendações de mamografia. Fevereiro de 2010

Uma mulher que você conhece está completando 40 anos. Preocupada com a possibilidade de câncer de mama, ela planejou fazer uma mamografia nos próximos meses, apesar de seu medo excessivo de radiação. Ela ouviu dizer que a força tarefa nacional agora aconselha esperar até os 50 anos, e também encontrou reafirmação de que se deve seguir as recomendações antigas na *Women's Health*. Você e sua conhecida conhecem uma mulher que foi diagnosticada inesperadamente aos 43 anos e morreu no ano passado. Sua conhecida está insegura em interpretar estas informações contraditórias e pede sua opinião. Faça uma análise desta mudança no consenso científico que ajude sua conhecida a se informar e dar suporte à sua decisão.

Fontes de pesquisa:

- Artigo da revista *Women's Health*
- Artigo do New York Times
- Relatório da Força Tarefa Americana de Prevenção ao Câncer
- Editorial publicado no periódico *Annals of Internal Medicine*

Em suma, Allchin declara que o elemento chave para uma compreensão integral da ciência – independente da utilização de casos históricos ou contemporâneos no ensino – é a reflexão explícita sobre como a ciência funciona, e sobre a relevância das práticas e metodologias da ciência. Deste modo, o professor deve se preocupar não em simplesmente comunicar princípios de NOS, mas sim, prover os alunos de contextos que propiciem a reflexão e o pensamento crítico, o que segundo o autor, pode ser feito problematizando aspectos de natureza da ciência por meio da utilização de estudos de caso.

Até este momento, apresentamos aqui diversas perspectivas para o ensino de NOS. Mas o que um professor deve ter em mente ao planejar uma aula na qual deseja contemplar aspectos de natureza da ciência? Quais são os objetivos de ensino e quais abordagens se adequam a tais objetivos? É sobre este assunto que trata o próximo tópico.

NATUREZA DA CIÊNCIA SOB HOLOFOTES: PERSPECTIVAS, PROPOSTAS E
CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS
Beatriz Carvalho Almeida

4.12 – *Aprender ciência, aprender sobre ciência e fazer ciência*

Conforme discutiu-se anteriormente neste trabalho, alguns pesquisadores tais como Lederman (2006), defendem que os alunos aprendem ciência de maneira significativa quando se engajam em atividades de investigação. Contudo, Hodson (2014) faz uma crítica a esta afirmação, partindo da ideia de que existem diferenças entre aprender sobre investigação científica e engajar-se em investigação científica, e que essas diferenças devem ser levadas em consideração.

Segundo este pesquisador, as investigações científicas contribuem para o aprendizado de ciências, dado o seu caráter motivador e efetivo para promover o pensamento crítico. Contudo, ele discorda da ideia de que o aprendizado sobre investigação científica implica em “fazer ciência”. Isto porque pode-se aprender sobre investigação científica por meio de leitura de textos e discussões, sem necessariamente fazer ciência, isto é, engajar-se em práticas e metodologias usadas pelos cientistas.

Pensando nisto, ao planejar uma atividade, primeiramente o professor deve ter clareza do objetivo que deseja alcançar com a mesma. Em seguida, deve pensar em uma abordagem que seja adequada a este objetivo. Estes dois passos são importantes por três razões. Primeiro, porque ter clareza quanto aos objetivos da atividade auxilia o professor a selecionar métodos de ensino e aprendizagem adequados. Em segundo lugar, o professor deve ser modesto quanto aos objetivos de uma atividade em particular. E terceiro, estes objetivos devem fazer-se explícitos e compreensíveis aos alunos. Ponderar sobre estes aspectos é importante para alcançar as metas propostas para cada aula, bem como para escolher abordagens de ensino adequadas. Ao contrário do que muitos professores pensam, nem sempre uma estratégia de ensino bem-sucedida em um contexto será bem-sucedida em outro contexto diferente. Além disso, as diferentes categorias de objetivos de aprendizagem não podem ser contempladas pelo mesmo tipo de experiência. Desse modo, Hodson estabelece então três categorias de objetivos de aprendizagem: *aprender ciência, aprender sobre ciência e fazer ciência*.

Aprender ciência, segundo este autor, envolve a aquisição de conhecimento conceitual e teórico de ciências. Em relação a isto, sabe-se que existem alguns tópicos relacionados a conceitos, modelos, ideias e teorias científicas – em geral, constituintes dos currículos de ciências – que o professor deseja que os alunos aprendam. Contudo, poucos professores compreendem que cada estudante carrega consigo diferentes conhecimentos informais (cotidianos) e conhecimentos formais (acadêmicos), que são grandemente influenciados pelo meio sociocultural em que este está inserido. Deste modo, os professores muitas vezes precisam adicionar, modificar ou em alguns casos, deletar

NATUREZA DA CIÊNCIA SOB HOLOFOTES: PERSPECTIVAS, PROPOSTAS E
CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS
Beatriz Carvalho Almeida

elementos desta ampla gama de significados e conhecimentos que os alunos possuem. Por este motivo, seria impossível pensar que exista uma única abordagem capaz de promover a compreensão dos conteúdos de ciências e ainda, que estes possam ser aprendidos pelo mero engajamento em atividades que sejam similares às práticas dos cientistas.

Apesar desta colocação, o autor não nega a viabilidade de se utilizar atividades baseadas em investigação (seja esta por meio de pesquisa em livros, *internet*, ou por meio de discussões) para esclarecer aspectos teóricos de fenômenos e eventos (Hodson, 2014 *apud* Lederman, 2014). Além disso, o autor também defende que podem ser frutíferas as atividades de investigação nas quais os próprios alunos são os responsáveis por sua execução (*hands on*), tais como visualizar algum fenômeno, demonstrar uma ideia, princípio ou teoria, fazer medições, testar hipóteses, manipular variáveis, coletar dados para verificar algum padrão ou simplesmente ver o que acontece. Entretanto, em nenhuma dessas atividades os alunos estarão “fazendo ciência”. Por este motivo, o autor ressalta que é extremamente importante que os professores sejam cautelosos em como usar atividades do tipo *hands on*, que tenham os objetivos de ensino de forma clara e sejam modestos em relação aos mesmos.

Outro aspecto ressaltado pelo autor é que os estudantes devem sempre ter conhecimento das metas de aprendizagem. Sendo assim, no que diz respeito a aprender ciências, os alunos devem saber se estão buscando uma explicação para fenômenos ou eventos, uma relação quantitativa entre conceitos chave, ou um exemplo ilustrativo de um princípio. Hodson destaca também a importância de o aluno refletir sobre o novo conhecimento que construiu, por meio de questionamentos como: “como eu posso comparar meu novo conhecimento, ao conhecimento que possuía previamente e ao conhecimento dos outros colegas? ”, ou “porque eu possuo um ponto de vista diferente agora? ”. Para promover esta reflexão, o professor pode discutir e debater diferentes pontos de vista e solicitar aos alunos que explicitem suas ideias, seja na forma oral ou escrita. Além disso, é interessante também que o professor demonstre aos alunos como um mesmo fenômeno pode ser explicado sob diferentes perspectivas, a medida em que se desenvolve um conhecimento conceitual mais sofisticado.

Diferente de aprender ciências, *aprender sobre ciências*, segundo Hodson, envolve a compreensão das características da investigação científica, tais como o papel e o status do conhecimento que é gerado por esta investigação; as circunstâncias sociais e intelectuais que permearam a origem e o desenvolvimento de teorias científicas importantes; os meios pelos quais a comunidade científica estabelece e monitora a prática profissional, o que inclui o conhecimento das convenções linguísticas usadas para relatar, defender e validar

NATUREZA DA CIÊNCIA SOB HOLOFOTES: PERSPECTIVAS, PROPOSTAS E
CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS
Beatriz Carvalho Almeida

afirmações científicas; e as complexas relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente.

Para que os alunos entendam todas estas características, o autor sugere que os alunos realizem atividades similares a dos antropólogos, de modo que possam compreender como se dá a organização da ciência, e quais são suas regras, convenções e valores. Entretanto, existe uma diferença entre o trabalho dos antropólogos e aquele que será desenvolvido pelos alunos: os antropólogos não devem interferir, nem participar da cultura que estão estudando. Em contrapartida, deseja-se que os alunos adquiram conhecimentos sobre ciência para atuarem como participantes da subcultura da ciência, como pessoas críticas e informadas tanto em relação ao empreendimento científico, quanto em relação às políticas de implantação dos avanços científicos e tecnológicos.

Tendo em vista o objetivo de fazer com que os estudantes aprendam sobre ciências, o autor defende que o professor deve promover o engajamento dos alunos em atividades que incluam estudos de caso históricos e contemporâneos, biografias e autobiografias, filmes, pesquisas na *internet*, simulações e dramatizações, debates, discussões sobre aspectos de NOS. Além disso, os alunos devem visitar laboratórios de pesquisa, onde pudessem ter contato com situações reais da prática científica. É válido ressaltar que se o objetivo de aprender sobre ciência deve se fazer explícito aos alunos, então o professor deve sempre ressaltar ideias-chave sobre a ciência, os cientistas, e as práticas científicas sempre que encontrar ocasiões propícias para tal. Em relação as experiências de aprendizagem mencionadas, Hodson resalta ainda que estas contribuem para uma compreensão rica sobre o empreendimento científico, a qual não poderia ser adquirida somente em atividades nas quais os alunos tenham que fazer ciência.

Ao pensarmos em um contexto real de prática científica, Hodson destaca que os cientistas procedem em parte por meio da racionalização, isto é, por meio dos seus conhecimentos teóricos, e parte baseado no seu conhecimento tácito de como fazer ciência. Sendo assim, a medida em que um cientista se engaja em investigações científicas, ele aprimora tanto seus conhecimentos sobre como fazer ciência, assim como sua capacidade de ser fazer ciência de forma bem sucedida. Além disso, é importante ressaltar que o fato de os meios pelos quais os cientistas trabalham não serem fixos e nem previsíveis, e serem influenciados pelos conhecimentos prévios, faz com que não se possa ensinar sobre as práticas científicas diretamente. Em outras palavras, ninguém aprende a fazer ciência simplesmente aprendendo uma série de prescrições e que se aplicam a todas as situações.

NATUREZA DA CIÊNCIA SOB HOLOFOTES: PERSPECTIVAS, PROPOSTAS E
CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS
Beatriz Carvalho Almeida

Pensando nisto, para que o aluno seja capaz de aprender a *fazer ciência*, isto é, desenvolva a habilidade de solucionar problemas por meio de investigação científica, o autor propõe que as abordagens de ensino que tenham como meta tal objetivo devem acontecer em três fases. Na primeira fase, a qual o autor denomina fase de modelagem, o professor torna explícito, justifica, explica e demonstra uma abordagem apropriada para o foco da questão. Na segunda fase, denominada prática guiada, os estudantes devem executar tarefas específicas e selecionar aspectos da investigação com o auxílio do professor. Por fim, na terceira fase, denominada fase de aplicação, os alunos realizam investigação sem o auxílio do professor.

Segundo Hodson, este tipo de abordagem, bem como o suporte dado pelo professor, faz com que os estudantes aprendam a fazer ciência por meio da prática, crítica e reflexão. Contudo, para que o aluno seja capaz de conduzir investigações de forma independente, ele deve estar seguro o suficiente para assumir a responsabilidade de elaborar, conduzir e relatar as próprias investigações científicas. A medida em que esta capacidade aumenta, os alunos tornam-se mais hábeis em realizar investigações mais complexas e com maior grau de abertura. Ao realizar investigações mais abertas, os próprios alunos escolhem seus problemas de pesquisa, e investigam sobre estes de maneira independente. Deste modo, eles vivenciam todo um processo de fazer ciência, desde a identificação de problemas, até as considerações finais sobre estes. Enfim, por meio destas atividades, deseja-se que os alunos aprendam sobre ciência, como uma consequência de fazer ciência.

Algo muito interessante ressaltado pelo autor, é que quando o objetivo de uma atividade é fazer com que os alunos aprendam a fazer ciência, ao invés de aprender sobre conceitos e teorias, não se tem a preocupação em encontrar 'uma resposta certa'. Deste modo, as respostas consideradas 'erradas', que surgem quando os estudantes encontram resultados diferentes do que era esperado, os faz atentar para o fato de que as investigações na ciência não são um empreendimento livre de erros, complexidades e frustrações. Ao contrário, muitas vezes os cientistas precisam revisar um trabalho científico várias vezes até encontrar os resultados desejados.

Por fim, Hodson destaca ainda que, por mais que estes três objetivos sejam importantes para o ensino de ciências, é válido lembrar que um professor deve sempre vislumbrá-los como sendo interdependentes. Deste modo, é uma forma simplista pensar que os alunos aprendem ciência simplesmente fazendo ciência. Isso porque para que um aluno seja capaz de *fazer ciência*, ele deve possuir como ferramentas tanto conhecimentos

NATUREZA DA CIÊNCIA SOB HOLOFOTES: PERSPECTIVAS, PROPOSTAS E
CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS
Beatriz Carvalho Almeida

conceituais e teóricos (isto é, *aprender ciência*), assim como conhecimentos sobre as práticas da ciência (*aprender sobre ciência*).

5) Questões para reflexão

No tópico anterior, foram apresentadas diferentes propostas para o ensino de natureza da ciência. Por meio das questões levantadas pelos autores em destaque neste trabalho, apresentamos apontamentos que levem a reflexão sobre o ensino de ciências, bem como sobre a pesquisa nesta área.

Primeiramente, é possível notar que *o objetivo de formar pessoas aptas a tomar decisões de forma crítica, assim como para o exercício da cidadania*, tem sido uma preocupação no ensino de ciências. Ainda que algumas das propostas apresentadas apontem para pontos de vista divergentes em relação à *o quê*, ou *como* ensinar sobre NOS, todas elas ressaltam a importância de os alunos compreenderem as práticas da ciência, com vista a torna-los capazes de se posicionarem de forma consciente sobre questões relacionadas à ciência e a tecnologia, que porventura surjam tanto em âmbito local, quanto global. Este objetivo é contemplado em propostas como a de Smith & Scharmann (1999), que destacam que os conhecimentos de NOS necessários para que os estudantes se tornem cidadãos críticos são aqueles que permitem avaliar quais critérios tornam algo mais ou menos científico, isto é, julgar a confiabilidade de determinadas afirmações. Deste modo, não é relevante para os estudantes conhecerem sobre diferentes perspectivas filosóficas da ciência (empiricismo e construtivismo, por exemplo), uma vez que tais discussões não são importantes para o desenvolvimento da habilidade de se posicionar sobre as questões relacionadas à ciência. Além disso, um aspecto que é ressaltado por estes autores e que deve ser ponderado, é que o ensino de NOS não deve ser doutrinador, ou seja, não deve ter como objetivo que os alunos se apropriem, ou sejam contra a determinados pontos de vista. Mas antes, eles devem saber quais questões podem ou não ser respondidas pela ciência, bem como os tipos de evidência que podem ou não dar suporte a determinadas afirmativas. Este é um aspecto que merece destaque se pensamos em um ensino de ciências que tem como objetivo a formação de cidadãos críticos.

Pensando então em um ensino de ciências que tem como objetivo formar pessoas capazes de pensar criticamente sobre as questões da ciência e da tecnologia presentes na sociedade, é de grande importância que os alunos se engajem em debates e discussões sobre estas possíveis questões dentro da sala de aula. Sendo assim, é importante destacar que, para que o ensino de natureza da ciência de fato seja coerente para os alunos – ou *funcional*, nas palavras de Allchin (2011) –, é necessário que o ensino de NOS seja

NATUREZA DA CIÊNCIA SOB HOLOFOTES: PERSPECTIVAS, PROPOSTAS E
CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS
Beatriz Carvalho Almeida

contextual. 'Contextual' equivale a dizer que os alunos devem engajar-se em situações-problema reais (ou quasi-autênticas), em que os conhecimentos de natureza da ciência se constituam em ferramentas essenciais para a reflexão e, conseqüentemente, ao posicionamento crítico em relação a estas situações. Pensando nisso, é que destaco aqui uma segunda questão que emerge por meio desta revisão de literatura: às *críticas a lista de aspectos de NOS proposta por Lederman e colaboradores (2006)* e *a necessidade de se promover um ensino de NOS mais contextual*. Esta visão do ensino de natureza da ciência é coerente com a proposta de Elby & Hammer (2001), que defendem que os professores não devem simplesmente transmitir uma série de generalizações de NOS aos alunos, mas antes, devem explorar as relações existentes entre teorias e evidências, de forma a compreenderem porque determinadas afirmações científicas são mais bem estabelecidas que outras. Autores como Irzik & Nola (2010), também ressaltam a problemática das listas consensuais que, segundo estes, não favorecem a compreensão da especificidade das diferentes disciplinas (áreas) da ciência. Por este motivo é que os autores utilizam-se da ideia de "semelhança familiar", como uma maneira de compreender o empreendimento científico, bem como seus objetivos, valores e aspectos metodológicos de forma mais dinâmica e integrada.

Outro autor que também se opõe de forma veemente a ideia das listas é Allchin (2011). Conforme discutido anteriormente, este autor se contrapõe a ideia de listas consensuais de NOS por acreditar que estas não se enquadram no objetivo de se promover a tomada de decisões pessoais e sociais sobre questões envolvendo ciência. Ainda em relação as listas, o autor defende que estas contêm itens que são irrelevantes para a compreensão de NOS, ao mesmo tempo em que omitem aspectos que são importantes. Deste modo, o autor resalta a importância de um ensino funcional e não declarativo, no qual os alunos possam engajar-se na solução de problemas reais. Segundo Allchin, isto pode acontecer por meio de estudos de casos históricos ou contemporâneos.

Acredito que os estudos de caso, sejam históricos ou contemporâneos, podem ser utilizados por professores de ciências como uma abordagem com enorme potencial para *aprender ciências e sobre ciência*. Isso porque, em relação aos casos históricos, estes podem ser utilizados para abordar conteúdos de ciências sob a perspectiva da ciência em construção. Deste modo, não é apresentado aos alunos os conceitos científicos já consolidados que temos hoje, e sim, os questionamentos, problemas e os processos por meio dos quais os cientistas desenvolverem tais conceitos. Discutir conceitos científicos sob a perspectiva da ciência em construção, contribui não apenas para o aprendizado de

NATUREZA DA CIÊNCIA SOB HOLOFOTES: PERSPECTIVAS, PROPOSTAS E
CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS
Beatriz Carvalho Almeida

ciências, mas também cria oportunidades para se discutir sobre uma vasta gama de aspectos de natureza da ciência que permeiam os casos históricos.

Em relação aos casos contemporâneos, são válidos não apenas por estarem articulados ao contexto do aluno, mas também por permitirem que este utilize seus conhecimentos de NOS para a resolução de problemas. As situações-problema contemporâneas fazem com que o aluno tenha que lidar com diferentes tipos de informações, quase sempre conflitantes, o que o faz desenvolver sua capacidade de avaliar a confiabilidade de afirmações científicas e de fontes de informação. Além disso, assim como nos casos históricos, os casos contemporâneos são um “prato cheio” para discussões sobre o empreendimento científico, o que contribui para o desenvolvimento de visões de ciência mais coerentes por parte dos alunos. Nesse sentido, trabalhos como o Zeidler et al (2009), demonstraram o impacto positivo da utilização de atividades sobre *questões sócio científicas* com os propósitos mencionados acima. Os autores observaram que os alunos que se engajaram em atividades deste tipo conseguiram melhor desenvolvimento de sua capacidade de julgamento reflexivo, em comparação com os alunos que não participaram das atividades. Isso demonstra então o potencial das questões sócio científicas em propiciar oportunidades para o raciocínio crítico e o julgamento reflexivo frente aos problemas do mundo real.

Ainda que os argumentos que questionam a lista consensual de NOS proposta por Lederman (2006) sejam válidos e bem fundamentados, acredito que esta tem valor no ensino de ciências. Certamente não é interessante que um professor se aproprie dos aspectos presentes nessa lista para transmiti-los de forma declarativa aos alunos, pelos vários motivos apresentados ao longo deste trabalho. Entretanto, essa lista não poderia contribuir de forma a nortear um professor sobre quais aspectos de NOS podem ser destacados nas aulas de ciências? As listas não contemplam todos os aspectos de NOS que merecem ser discutidos no ensino de ciências, mas ela pode auxiliar um professor com pouca experiência neste tópico a pensar em como inserir a temática natureza da ciência em suas aulas. Este posicionamento se mostra ainda mais relevante quando pensamos nas dificuldades dos professores de ciências em implementar propostas de ensino diferenciadas em suas salas de aula. Se não lhes oferecemos um direcionamento no como fazer (como pode ser feito ao apontar aspectos de NOS que devem fazer parte do currículo de ciências – como os presentes na lista consensual), os professores podem se mostrar ainda mais resistentes às mudanças necessárias ao ensino sobre ciências, ou ainda questionar que as discussões atuais presentes na literatura (isto é, a não demarcação de aspectos que caracterizam ‘a’ ciência) tornam o ensino de NOS muito vago.

NATUREZA DA CIÊNCIA SOB HOLOFOTES: PERSPECTIVAS, PROPOSTAS E
CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS
Beatriz Carvalho Almeida

Um terceiro aspecto que foi enfatizado em alguns trabalhos discutidos nesta revisão e que merece destaque, é a utilização de *atividades de investigação como uma via de se aprender sobre natureza da ciência*. Esta ideia é defendida por autores como Lederman e seus colaboradores, que acreditam que vivenciar e refletir sobre o processo científico é uma das melhores maneiras de se aprender sobre natureza da ciência. Isso porque as atividades investigativas abrem espaço para que os alunos vivenciem situações similares aquelas vivenciadas por cientistas, tais como a coleta e interpretação de dados; a utilização de evidências e a elaboração de teorias para dar suporte a afirmativas; a comunicação e a revisão de trabalhos pelos pares, dentre tantas outras situações que permeiam o empreendimento científico. Entretanto, apesar do reconhecido potencial deste tipo de atividade para o aprendizado de NOS, é válido ressaltar que estas contemplam apenas um dos objetivos para o ensino de ciências, que é o *fazer ciência*. Como Hodson (2014) destaca em seu trabalho, o professor de ciências deve ter bem claro quais são os objetivos de cada atividade planejada e, neste sentido, *aprender ciências* e *aprender sobre ciência* também são objetivos de ensino importantes. Conforme o próprio autor destaca, estes dois últimos aspectos são ferramentas essenciais para que o aluno seja capaz de se engajar em atividades em que tenha que fazer ciência. Deste modo, entende-se que o ensino por investigação pode ser utilizado como uma via para se discutir aspectos de natureza da ciência, mas não a única.

Outra questão que surge em relação ao ensino de NOS, é a necessidade de que o mesmo *aconteça de forma explícita*. As propostas apresentadas destacam a importância de os alunos refletirem sobre natureza da ciência para os mais diversos objetivos. Entretanto, como Lederman ressalta, esta reflexão só acontece e os alunos só aprendem sobre NOS quando o ensino é explícito, ou seja, quando o professor destaca, questiona e discute os vários aspectos (sociais, econômicos, políticos etc.) inerentes a produção de conhecimento.

Em relação ao ensino de NOS, vale destacar ainda que as abordagens negligenciam aspectos importantes, tais como a comunicação e a economia da ciência. Sobre a comunicação na ciência, Nielsen (2012) destaca em seu trabalho que a ciência utiliza-se de sinais para produzir significados, o que é feito em um contexto social e por meio de processos sociais. O autor destaca ainda que o que diferencia a ciência de outras formas de conhecimento são seus códigos característicos. Considerando então a relevância desta prática científica para a produção de conhecimento, é importante que o professor crie oportunidades para que os estudantes tenham consciência sobre o valor da comunicação entre eles e na ciência e ainda, reflitam sobre em que medida a comunicação faz parte das

NATUREZA DA CIÊNCIA SOB HOLOFOTES: PERSPECTIVAS, PROPOSTAS E
CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS
Beatriz Carvalho Almeida

investigações científicas. No que diz respeito a economia da ciência, Erduran & Mugaloglu (2013) defendem a inserção desta temática no ensino com vista a moldar o senso crítico dos alunos em relação ao empreendimento científico, especialmente no que diz respeito a comercialização do conhecimento. Segundo os autores, a complexidade das questões que permeiam este tema, permite discussões e debates que favorecem a argumentação. Além disso, a compreensão dos aspectos econômicos da ciência é imprescindível para o letramento científico, visto que estes aspectos se relacionam intimamente a questões sócio científicas com as quais os alunos podem se deparar em seu dia-a-dia.

Por meio desta revisão de literatura, foram apresentadas diversas propostas para se ensinar sobre natureza da ciência. Contudo, é possível notar que poucos trabalhos demonstram como o professor pode utilizar tais propostas em sala de aula, ou ainda apresentam dados coletados em processos de ensino-aprendizagem (salas de aula de ciências da educação básica e cursos de formação de professores) sobre a implementação de propostas para o ensino de NOS. Sendo o professor o mediador no processo de ensino-aprendizagem, é extremamente importante que ele não apenas compreenda aspectos de NOS, ou tenha consciência de que o ensino deve ser explícito, contextual ou investigativo, mas deve também saber como inserir tais conhecimentos no planejamento das suas aulas. Em outras palavras, como desenvolver o conhecimento pedagógico de conteúdo sobre NOS do professor de ciências. Deste modo, a primeira questão que surge para a pesquisa em ensino de ciências é: *como as propostas apresentadas – tais como ‘semelhança familiar’ ou os estudos de caso – podem ser aplicadas no contexto da sala de aula?* É certo que nunca será possível encontrar uma abordagem de ensino que seja adequada para todos os contextos. Entretanto, se as pesquisas têm como objetivo trazer contribuições para o ensino, mais direcionamento e orientações devem ser dadas ao professor para que este tenha suporte para aprimorar sua prática em sala de aula. Relacionado a esta questão de pesquisa, outras podem ser realizadas com objetivo de estudar a formação do professor de ciências (em cursos de formação inicial e continuada) para trabalhar como o ensino de NOS. Como por exemplo, como desenvolver os conhecimentos de conteúdo e pedagógico de conteúdo de NOS dos professores de ciências para atuar de forma coerente com as principais discussões sobre ensino de NOS apresentadas na literatura.

Além disso, foi possível notar a *falta de trabalhos que demonstrem o impacto das propostas em relação ao aprendizado de NOS dos estudantes em contextos reais de sala de aula*. Trabalhos desta natureza contribuiriam não apenas para demonstrar a importância do ensino de natureza da ciência, mas também para responder à questão levantada acima, sobre como aplicar as propostas em sala de aula. Isso porque os resultados deste tipo de

NATUREZA DA CIÊNCIA SOB HOLOFOTES: PERSPECTIVAS, PROPOSTAS E
CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS
Beatriz Carvalho Almeida

trabalho auxiliariam os professores a pensar em quais abordagens de ensino se adequam a realidade da sua turma, bem como quais abordagens ele julga serem mais frutíferas em relação ao aprendizado de NOS. Isso pôde ser observado no trabalho de Allchin, por exemplo, no qual não existem dados empíricos de sala de aula (pelo menos não tivemos acesso aos mesmos até a presente data) relacionados a utilização dos estudos de caso.

Anteriormente, foi mencionado que na busca do que deve ser ensinado na escola, Osborne e seus colaboradores perceberam que não há um método, e nem um grupo de indivíduos capazes de estabelecer uma proposta que seja universal, e nem quais são os elementos essenciais de um currículo de ciências contemporâneo. Da mesma forma, não seria adequado apontar qual das propostas apresentadas é a melhor, ou qual/quais devem ser consideradas no ensino de ciências, já que todas trazem apontamentos importantes. Em relação ao *conteúdo* de natureza da ciência, não existem apenas uma série de aspectos que devem ser ensinados e um professor não precisa se limitar a aquilo que preconiza os pesquisadores e os documentos oficiais de ensino. Ao contrário, o ensino de NOS deve ser visto de maneira holística, de modo a contemplar discussões e questionamentos de diversas naturezas, que sejam acima de tudo, relevantes para a formação dos alunos. Em relação a *como* ensinar natureza da ciência, pôde-se perceber que não apenas não existe um consenso, como também é escassa a literatura que traz apontamentos consistentes e precisos a respeito de como aplicar as propostas em sala de aula, o que reforça a necessidade de mais pesquisas nesta área.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allchin, D. "Evaluating Knowledge of the Nature of (Whole) Science." *Science Education* 95 (2011): 518–543.
- Allchin, D. *Teaching the Nature of Science: Perspectives and Resources*. 1st ed. USA: SHiPS, 2013.
- Carvalho, Luiz M. "A Natureza Da Ciência E O Ensino Das Ciências Naturais: Tendências E Perspectivas Na Formação de Professores." *Pro-Posições* 12, no. 1 (34) (2001): 139–150.
- Chalmers, A. F. "Introdução." In *O Que É Ciência Afinal?*. São Paulo: Brasiliense, 1997.
- Elby, Andrew, and Hammer, David. "On the Substance of a Sophisticated Epistemology." *Science Education* 85 (2001): 554–567.
- Erduran, S., and Mugaloglu, E. Z. "Interactions of Economics of Science and Science Education: Investigating the Implications for Science Teaching and Learning." *Science & Education*, no. 22 (2013): 2405–2425.

NATUREZA DA CIÊNCIA SOB HOLOFOTES: PERSPECTIVAS, PROPOSTAS E
CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS
Beatriz Carvalho Almeida

Hodson, D. "Learning Science, Learning about Science, Doing Science: Different Goals, Demand Different Learning Methods." *International Journal of Science Education* 36, no. 15 (2014): 2534–2553.

Irzik, G., and Nola, R. "A Family Resemblance Approach to the Nature of Science for Science Education." *Science & Education*, no. 20 (2011): 591–607.

Lederman, Norm G. "Students' and Teachers' Conceptions of the Nature of Science: A Review of the Research." *Journal of Research in Science Teaching* 29, no. 4 (1992): 331–359.

Lederman, Norm G., Abd-El-Khalick, F., Randy L. Bell, and Schwartz, Renée S. "Views of Nature of Science Questionnaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners' Conceptions of Nature of Science." *Journal of Research in Science Teaching* 39, no. 6 (2002): 497–521.

Lerdeman, N. (2006). Syntax of nature of science within inquiry and science instruction. In L. Flick, & N. Lederman (Eds.), *Scientific Inquiry and Nature of Science: Implications for Teaching, Learning, and Teacher education*. Dordrecht: Springer.

Matthews, Michael R. "History, Philosophy, and Science Teaching: The Present Rapprochement." *Science & Education* 1 (1992): 11–47.

Nielsen, Kristian H. "Scientific Communication and the Nature of Science." *Science & Education*, 2012.

Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R., and Duschl, R. "What "Ideas-about-Science" Should Be Taught in School Science? A Delphi Study of the Expert Community." *Journal of Research in Science Teaching* 40, no. 7 (2003): 692–720.

Praia, J., Gil-Pérez, D., and Vilches, A. "O Papel Da Natureza Da Ciência Na Educação Para a Cidadania." *Ciência & Educação*, 2007.

Schwartz, Renée S., Lederman, Norm G., and Crawford, Barbara A. "Developing Views of Nature of Science in an Authentic Context: An Explicit Approach to Bridging the Gap Between Nature of Science and Scientific Inquiry." *Science Education*, no. 88 (2004): 610–645.

Smith, Mike U., and Scharmann, Lawrence C. "Defining versus Describing the Nature of Science: A Pragmatic Analysis for Classroom Teachers and Science Educators." *Science Education* 83 (1999): 493–509.

NATUREZA DA CIÊNCIA SOB HOLOFOTES: PERSPECTIVAS, PROPOSTAS E
CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS
Beatriz Carvalho Almeida

Wang, Hsingchi A., and Marsh, David D. "Science Instruction with a Humanistic Twist: Teachers' Perception and Practice in Using the History of Science in Their Classrooms." *Science & Education* 11 (2002): 169-189.

Wong, Siu L., and Hodson, D. "From the Horse's Mouth: What Scientists Say About Scientific Investigation and Scientific Knowledge." *Science Studies and Science Education*, no. 93 (2009): 109-130.

Zeidler, Dana L., Sadler, Troy D., Applebaum, S., and Callahan, Brendan E. "Advancing Reflective Judgment through Socioscientific Issues." *Journal of Research in Science Teaching* 46, no. 1 (2009): 74-101.