



Ensino-Aprendizagem de Ciências e Argumentação: Discussões e Questões Atuais

Science Education and Argumentation: Discussions and Current Questions

Paula Cristina Cardoso Mendonça

Departamento de Química
Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP)
paulamendonca@iceb.ufop.br

Rosária da Silva Justi

Departamento de Química & Faculdade de Educação
Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)
rjusti@ufmg.br

Resumo

Nos últimos dez anos, várias pesquisas na área de Ensino de Ciências relacionadas à temática argumentação têm sido publicadas. Neste artigo, apresentamos uma revisão da literatura sobre tais pesquisas, que contempla dois objetivos principais. O primeiro consiste na discussão sobre argumentação (i) em um contexto mais amplo, no qual recorreremos a autores de outros campos do conhecimento para caracterizá-la; e (ii) na ciência e envolvendo seu conseqüente papel tanto na aprendizagem de conhecimentos científicos e sobre ciência quanto no desenvolvimento de habilidades científicas. O segundo objetivo consiste na apresentação de alguns debates e questões atuais sobre a pesquisa envolvendo argumentação no Ensino de Ciências. Mais especificamente, abordamos as relações entre argumentação e modelagem e entre argumentação e explicação. Nesse contexto, novas questões de pesquisa suscitadas a partir de nossa revisão da literatura se relacionam à avaliação do desenvolvimento das habilidades argumentativas de estudantes e ao ensino explícito versus não explícito de argumentação (em especial, ao ensino da distinção entre explicação e argumentação).

Palavras-chave: Argumentação; Habilidades Argumentativas; Explicação, Ensino-Aprendizagem de Ciências.

Abstract

In the last ten years, several studies on argumentation in science education have been published. In this paper, we present a review of such a literature with two main aims. The first aim is to discuss argumentation (i) in a broader context, in which we use ideas of authors from other fields to characterise it; and (ii) in science, and involving its following role either in learning of scientific knowledge and about science or in the development of scientific skills. The second aim is the presentation of some debates and current questions about the research on argumentation in science education. More specifically, we emphasise the relationships between argumentation and modelling, and between argumentation and explanation. In this context, new research questions from our critical literature review concern both the assessment of the development of students' argumentative skills and the explicit or implicit teaching of argumentation (in particular, the distinction between argumentation and explanation).

Keywords: Argumentation; Argumentative skills; Explanation; Science learning and teaching.

Ensino-Aprendizagem de Ciências e Argumentação: Discussões e Questões Atuais

Nos últimos dez anos observa-se, nos periódicos nacionais e internacionais da área de Ensino de Ciências, uma produção significativa de pesquisas relacionadas à temática argumentação (por exemplo, DRIVER; NEWTON; OSBORNE, 2000; DUSCHL; OSBORNE, 2002; ZOHAR; NEMET, 2002; QUEIROZ; SÁ, 2009; SILVA; MUNFORD, 2010; TAVARES; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; MORTIMER, 2010; BERLAND; HAMMER, 2011; SASSERON; CARVALHO, 2011; RYU; SANDOVAL, 2012). Constata-se, ainda, a publicação de vários livros nacionais e estrangeiros com o objetivo de sistematizar o conhecimento produzido nesse período ou tratar de assuntos mais específicos a ele relacionados (por exemplo, Zohar, 2004; Jiménez-Aleixandre e Erduran, 2008; Nascimento e Plantin, 2009). Também foram produzidos vários materiais cujo foco é o aprendizado de ciências a partir da seleção e uso de evidências, produção de argumentações e explicações, discussão de temas sócio científicos e desenvolvimento de habilidades argumentativas (por exemplo, TSC (*Thinking in Science Classrooms*) (ZOHAR, 2004), IDEAS (*Ideas, Evidence and Argumentation in Science Classrooms*) (OSBORNE; ERDURAN; SIMON, 2004B) e RODA (*Reasoning, Discourse, Argumentation*) (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; OTERO GALLÁSTEGUI; EIREXAS SANTAMARÍA; PUIG MAURIZ, 2009)).

Em virtude da grande relevância do tema argumentação, nesse artigo temos dois objetivos principais. O primeiro deles se relaciona à discussão (i) dos significados de argumentação em um contexto mais amplo (no qual recorreremos a autores do campo do direito, psicologia, comunicação social e filosofia) e no contexto específico da ciência e (ii) da importância da argumentação no Ensino de Ciências quanto às vertentes *aprender ciência*, *aprender sobre ciência* e *aprender a fazer ciência*, que segundo Hodson (1992) (em concordância com documentos oficiais de diversos países (por exemplo, TEACHING

AND LEARNING RESEARCH PROGRAMME, 2006; NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2012), sistematizam os objetivos principais do Ensino de Ciências. Julgamos que a sistematização de ideias aqui proposta pode ser bastante útil para aqueles iniciantes no estudo da argumentação porque na literatura existem significados conflitantes e os pesquisadores devem estar atentos às suas opções no contexto da pesquisa. Além disso, este artigo favorece o desenvolvimento de uma visão ampla da importância da argumentação tanto na ciência quanto no ensino e na aprendizagem de ciências, a partir de uma síntese de pesquisas desenvolvidas recentemente. O segundo objetivo consiste na apresentação de algumas das principais questões e debates atuais que têm permeado pesquisas recentes sobre argumentação no Ensino de Ciências. Elas se relacionam, principalmente, às relações entre argumentação e modelagem e argumentação e explicação. Acreditamos que essa discussão seja essencial para a elaboração de novas questões de pesquisa que possam contribuir para o crescimento do conhecimento na área. Além disso, nos artigos de revisão publicados até então, não são estabelecidos todos esses relacionamentos. Isto porque muitos deles são extremamente recentes e as revisões da literatura são mais antigas (DRIVER et al., 2000; DUSCHL; OSBORNE, 2002), ou tais revisões são focadas no contexto nacional (SÁ; QUEIROZ, 2011), no qual até muito recentemente não havia, por exemplo, trabalhos que discutiam explicitamente as relações entre argumentação e modelagem¹.

Nossa revisão da literatura envolveu periódicos, anais de congressos e livros, nacionais e internacionais, da área de Ensino de Ciências publicados até agosto de 2012. É importante salientar que ela não abrangeu artigos que tratam sobre argumentação e formação de professores. Isto porque o foco do nosso trabalho foi selecionar artigos que tivessem relação mais explícita com argumentação e ensino-aprendizagem em salas de aula de ciências. Além disso, em nosso trabalho mais amplo (MENDONÇA, 2011), realizamos abrangente revisão da literatura sobre ferramentas metodológicas para análise de argumentos. Entretanto, este também não será um dos focos desse artigo, pois apresentamos discussão crítica das ferramentas para análise de argumentos em outros artigos, no qual também apresentamos duas opções metodológicas, uma baseada nos esquemas de argumentação de Walton para análise de argumentos produzidos por estudantes em contextos de entrevista e outro para análise de argumentos no contexto de Ensino de Química fundamentado em modelagem (IBRAIM; MENDONÇA; JUSTI, 2013; MENDONÇA; JUSTI, submetido). Para aqueles interessados em obter mais informações sobre os aspectos metodológicos da análise da argumentação no contexto do Ensino de Ciências, sugerimos consultar Sampson e Clark (2008), Erduran (2008) e Sasseron e Carvalho (2011).

Argumentação: Fundamentos Teóricos

O estudo contemporâneo da argumentação faz parte de uma abordagem interdisciplinar da qual participam filósofos, linguistas, estudiosos da comunicação,

¹Pelo menos não de acordo com o significado amplo que atribuímos à modelagem (discutido posteriormente neste artigo). Em muitos casos, encontramos atividades desenvolvidas pelos estudantes que são caracterizadas como modelagem pelos pesquisadores. Entretanto, em boa parte delas os estudantes apenas utilizam animações ou simulações computacionais para modelar entidades específicas (moléculas, placas tectônicas etc.) com objetivo de favorecer a visualização ou resolução de problemas (por exemplo, HALPHINE, 2004; DORI; BELCHER, 2005; GOBERT, 2005; AINSWORTH, 2008).

psicólogos etc. Esse campo de estudos recebeu um novo impulso devido à publicação, em 1958, de duas obras, ambas escritas por filósofos, que hoje são consideradas como clássicos da área: “Tratado da Argumentação”, de Chaim Perelman e Lucie Oldbretchs-Tyteca, e “Usos do Argumento”, de Stephen Toulmin.

A argumentação pode ser pensada de três formas diferentes: *retórica*, *dialética* e *lógica* (WENZEL, 1990). O estudo da retórica, da dialética e da lógica teve origem na Grécia Antiga, sendo que o trabalho de Aristóteles é o que mais se destaca.

A síntese de Wenzel (1990) nos possibilita entender a principal diferença entre essas formas de pensar na argumentação. Segundo a perspectiva retórica, um bom argumento consiste da produção de discurso (escrito ou falado) que efetivamente auxilia membros de um grupo social a resolver problemas e tomar decisões. De forma geral, o propósito principal da retórica é a persuasão, empregada na escolha entre alternativas. Na perspectiva dialética, um bom argumento consiste da organização sistemática de uma interação (por exemplo, debate e discussão) com vistas à produção das melhores decisões possíveis. Finalmente, segundo a perspectiva lógica, um bom argumento é constituído de afirmativas sustentadas por evidências e razões suficientes e relevantes. Nesse sentido, Wenzel (1990) afirma que a retórica está associada ao *processo* de produção de argumentos, a dialética ao *procedimento* envolvido, e a lógica ao argumento enquanto *produto*. Segundo Wenzel (1990), as teorias que foram desenvolvidas para cada perspectiva se relacionam com os interesses para os quais cada uma se dirige. Por exemplo, o padrão de Toulmin (1958) se relaciona à perspectiva lógica da argumentação.

Com relação à lógica, há uma distinção entre *lógica formal* e *lógica informal*, que está diretamente relacionada com a forma como se pensa sobre a relação entre o conhecimento e a verdade. A lógica formal tem como intuito criar meios de garantir que nosso pensamento proceda corretamente a fim de chegar a conhecimentos verdadeiros. No trabalho de Aristóteles, os argumentos demonstrativos (aqueles que objetivam atingir uma certeza absoluta) foram estudados no domínio da lógica formal (também denominada analítica) a partir de raciocínios silogísticos² dedutivos e indutivos. Na lógica formal, a validade dos argumentos depende apenas do formato das afirmativas (as premissas precedem a conclusão, que é uma consequência das mesmas).

A lógica informal tem como intuito desenvolver procedimentos para análise, interpretação, avaliação, crítica e construção da argumentação no discurso cotidiano. No prefácio da edição de 2003 do livro “Os usos do Argumento”, Toulmin afirma que sua intenção original ao escrevê-lo era criticar a suposição de muitos filósofos anglo americanos de que qualquer argumento significativo deveria ser expresso em terminações formais. Toulmin alertou contra os riscos desse tipo de raciocínio, devido à pretensão de se basear em universalidades que nem sempre se encontram presentes na proposição maior ou geral. De fato, a partir desse livro, Toulmin rompeu com o campo tradicional da lógica formal e se focou no estudo de como as pessoas argumentam em situações corriqueiras.

Assim como Toulmin, Perelman e Olbretchs-Tyteca, em 1958 (PERELMAN; OLBRETCHS-TYTECA, 2002), também buscaram combater a argumentação no domínio da lógica

² Um exemplo clássico de silogismo é: *Sócrates é homem; todos os homens são mortais; logo, Sócrates é mortal.*

formal ao resgatar a retórica. A queda de prestígio da retórica foi agravada com as tendências empiristas e racionalistas acerca de como o conhecimento evolui. Esse distanciamento pode ser entendido pelo fato de a retórica só fazer sentido quando há dúvida em relação a uma determinada conclusão, não se ocupando daquilo que é certo e incontroverso. Ao contrário, o foco está em problemas cuja solução não pode ser fornecida pela experiência nem pela dedução lógica, uma vez que o domínio da retórica é a verossimilhança/plausibilidade. Estes autores também tentaram romper com as associações anteriores de retórica relacionadas a palavras traiçoeiras e discurso vazio de conteúdo:

Há necessidade urgente de uma teoria de argumentação que descreva a maneira como a argumentação ocorre, de forma complementar à lógica. Essa teoria deve lidar com disputas que envolvem valores, que não podem ser resolvidas por verificação empírica ou provas formais e nem pela combinação de ambos. A teoria deverá mostrar como escolhas e decisões são tomadas através de justificativas por motivos racionais. (VAN EEMEREN et al. 1996, p.95, ao analisarem o trabalho de Perelman e Olbrechts-Tyteca)

Toulmin (1958) define argumento como sendo uma afirmativa acompanhada de sua justificativa e propõe um esquema que apresenta os elementos constitutivos de um argumento e suas relações (figura 1).

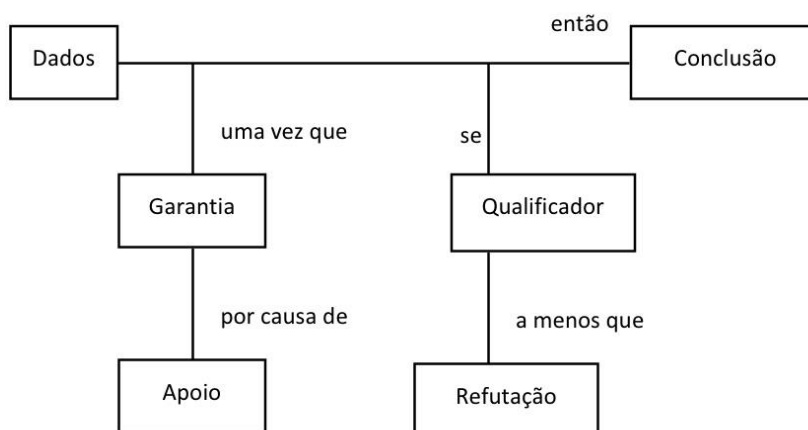


Figura 1: Componentes do argumento e suas relações segundo Toulmin (1958, p.148).

Segundo este esquema, um argumento é constituído por seis componentes:

- *Dados: evidências que suportam uma afirmativa.*
- *Conclusão: afirmativa cujo mérito deverá ser estabelecido.*
- *Garantia: afirmativa que justifica as conexões entre dados e conclusão.*
- *Apoio: afirmativa que justifica a garantia.*
- *Qualificador modal: elemento que qualifica a conclusão em função da ponderação entre os elementos de justificativa e de refutação.*
- *Refutação: especifica em que condições a garantia não é válida para dar suporte à conclusão.*

Toulmin salienta a existência de termos *campo-dependentes* e *campo-independentes* do argumento. Os últimos estão evidenciados na figura 1. Esses elementos, ou, pelo

menos, os três primeiros, devem ser buscados em todos os contextos, sendo importantes para caracterizar um argumento consistente. O termo campo-dependente se relaciona à diferença de aceitabilidade dos elementos dispostos na figura 1 em diferentes contextos. Por exemplo, uma garantia pode ser considerada uma justificativa satisfatória num contexto, mas insatisfatória em outro.

Segundo van Eemeren et al. (1996), há várias diferenças entre as ideias da lógica formal e da lógica informal de Toulmin:

- *Na lógica formal, argumentos demonstrativos são considerados como constituídos por afirmativas verdadeiras. Ao contrário, para Toulmin, o propósito de um argumento é estabelecer conclusões sobre as quais não estamos inteiramente confiantes, relacionando-as com outras informações sobre as quais temos mais convicção. Portanto, parece pouco provável a existência de argumento demonstrativo, o que pode ser corroborado pela presença de elementos qualificadores no padrão de Toulmin (presumivelmente, possivelmente, provavelmente etc.).*
- *O critério para julgamento da validade dos argumentos na lógica formal é universal. Segundo Toulmin, os critérios são não universais, por isso a criação de termos campo-dependentes.*

Conclui-se portanto que, no domínio da lógica formal, ao se avaliar a qualidade de um argumento, enfatizam-se as relações semânticas entre as proposições, ou seja, o argumento é entendido com um conjunto de proposições, cuja relevância está na verdade ou falsidade delas, sendo que o contexto mais amplo do diálogo não é levado em consideração no julgamento da qualidade daquele argumento (Walton, 2006). A lógica informal, pelo contrário, enfatiza o uso que o argumentador faz das proposições para alcançar um objetivo.

Em consonância com as bases da lógica informal, a *nova dialética*, sob o ponto de vista de Walton (2006), trata principalmente dos tipos mais comuns de argumentos do dia a dia que são fundamentados no raciocínio *presuntivo* ao invés de nos raciocínios indutivos ou dedutivos. O raciocínio presuntivo é centrado nas afirmativas que são tentativas, na plausibilidade da conclusão e no balanço das evidências em relação às possíveis resoluções. Esse raciocínio apoia a inferência sob condições de incompletude e permite que dados desconhecidos sejam presumidos. A conclusão é um tipo de pressuposição, aceita numa base tentativa e sujeita à retratação, caso novas informações estejam disponíveis no processo (WALTON; REED; MACAGNO, 2008).

De acordo com van Eemeren et al. (1996), argumentação é uma atividade *verbal*. Entretanto, esses autores reconhecem a combinação e importância de meios verbais e não verbais de comunicação (por exemplo, expressões faciais e gestos) numa argumentação, desde que os últimos complementem o significado das ações verbais e sejam compreensíveis para os ouvintes e leitores. Van Eemeren et al. (1996) concebem a argumentação como sendo uma atividade *social*, que a princípio é dirigida a outra pessoa. Segundo esses autores, a natureza social do argumento se torna mais evidente quando duas ou mais pessoas estão discutindo. Todavia, quando uma pessoa faz uma ponderação entre prós e contras de suas próprias ideias, a condução do ato de pensamento tem caráter social, pois a pessoa poderia prever reações de possíveis interlocutores (reações que a princípio são da pessoa, mas que poderiam ser compartilhadas por outros). Kuhn (1991) também defende esta perspectiva ao retomar as ideias do filósofo Protágoras (analisadas criticamente no trabalho de Billig, 1987), que

atribuía ao termo argumento um aspecto social e individual, e reconhecia a potencialidade do argumento social para desenvolver o argumento individual. Ela reconstrói essas ideias ao afirmar que um raciocínio individual em que se elabora uma afirmativa acompanhada de justificativa e no qual são analisadas posições adversas pode ser considerado um argumento porque, implicitamente, ele contém um processo dialógico. Para Kuhn, os aspectos social (denominado por ela de dialógico) e individual (denominado por ela de retórico) do argumento se encontram intimamente conectados.

Van Eemeren et al. (1996) e Billig (1987) concordam quanto à necessidade de *pontos de vista controversos* para ocorrência de argumentação. De acordo com Billig (1987), em uma conversa em que todos concordam uns com os outros, seria impossível o aparecimento de argumentação. Esses autores explicitam que o propósito da argumentação é *justificar* uma opinião ou *refutar* um ponto de vista oposto a partir de um conjunto de *pro-argumentos* (razões a favor) e *contra-argumentos* (razões contra). Para eles, a argumentação tem como finalidade *aumentar (ou diminuir) a aceitabilidade* de um ponto de vista controverso a partir de justificativas que visam o convencimento de uma audiência (o próprio sujeito, um interlocutor ou uma variedade de pessoas). Por sua vez, a audiência tem o papel de concluir sobre um ponto de vista particular a partir de *juízo racional*, que se relaciona à avaliação da solidez dos argumentos no contexto da discussão. Entretanto, é válido ressaltar, a partir do trabalho de Billig (1987), a necessidade de *certo grau de simetria entre os interlocutores*. Segundo Viera e Nascimento (2009), em situações em que há grande assimetria entre interlocutores (como, por exemplo, em salas de aula tradicionais em que o professor não abre espaço para a expressão das opiniões dos estudantes, não as valoriza quando elas são expressas e utiliza argumentos de autoridade ou opinião de especialista de forma autoritária³), a atitude de um deles (aluno) seria a de aceitar a afirmação daquele agente supostamente superior (professor), acarretando em um discurso de autoridade.

Por outro lado, Baker (2009) considera que situações argumentativas podem ocorrer mesmo quando não existem pontos de vista controversos explícitos (Figura 2).

Na situação 1, o interlocutor 1 aceita a tese 1 e discorda da tese 2, enquanto o interlocutor 2 aceita a tese 2 e discorda da tese 1. Na situação 2, o interlocutor 1 aceita a tese 1, enquanto o interlocutor 2 não a aceita. Nesses casos, há explicitamente pontos de vista opostos. Nas situações 3 e 4, apenas um dos interlocutores expressa uma solução divergente, enquanto o outro interlocutor tenta auxiliá-lo a tomar a melhor decisão e não apresenta um ponto de vista divergente à princípio. As situações 3 e 4 poderiam ocorrer apenas na mente do indivíduo que apresenta dúvidas (argumento individual ou retórico) mas, segundo Baker, há determinados tipos de problemas que são difíceis de ser resolvidos sem cooperação. Portanto, nas situações 3 e 4, a interação com o outro (argumento social) possibilitaria a tomada de decisões.

³ Reconhecemos que numa situação real de sala de aula, sempre haverá assimetria em termos de conhecimento científico entre alunos e professor, mas acreditamos que o professor deve guiar o processo ensino-aprendizagem de forma a favorecer a construção do discurso científico a partir do discurso dialógico (CHIARO; LEITÃO, 2005).

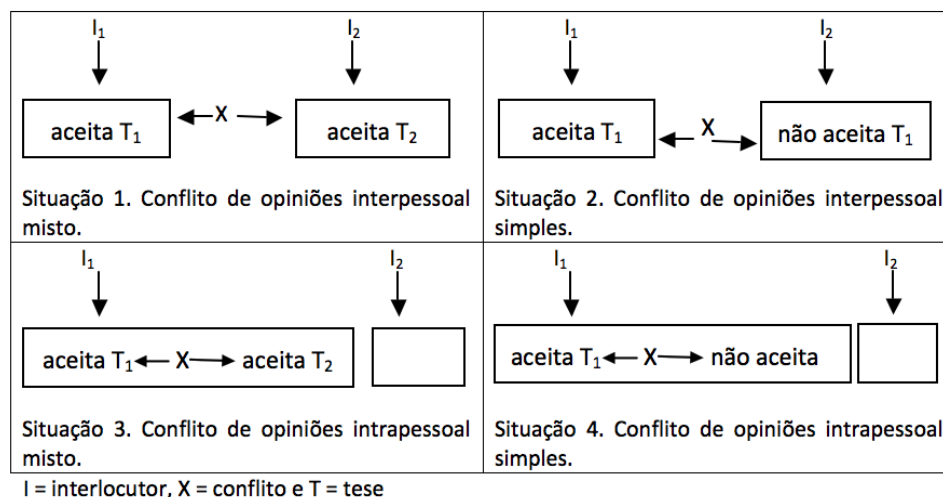


Figura 2: Quatro possibilidades de situações argumentativas segundo Baker (2009, p. 131).

É possível afirmar que as caracterizações de argumentação segundo os autores citados (isto é, aqueles cujos trabalhos não apresentam relação com a lógica formal) são coerentes com a forma como atualmente o conhecimento científico é compreendido (não é estático e absoluto; não está baseado em leis e generalizações universais, mas em modelos, evidências e justificativas plausíveis). Possivelmente por isso, elas influenciaram fortemente o campo da argumentação no Ensino de Ciências, como indicam trabalhos baseados em Toulmin (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; BUGALLO RODRÍGUEZ; DUSCHL, 2000; SÁ; QUEIROZ, 2007; CARMO; CARVALHO, 2012); van Eemeren (BORTOLETTO; CARVALHO, 2009; SILVA; MUNFORD, 2010); Walton (DUSCHL, 2008; OZDEM; ERTEPINAR; CAKIROGLU; ERDURAN, 2011); e Perelman (KONSTANTINIDOU; CERVERÓ; CASTELLS, 2010).

Constatamos que alguns autores concebem a existência de argumentação individual e/ou social. Para fins de pesquisa relacionada à relação entre argumentação e aprendizagem, é necessário ter clareza sobre o foco da análise: o indivíduo ou o coletivo. Tal aspecto é essencial porque implica em comprometimentos com determinadas visões de aprendizagem e com os instrumentos mais adequados para coleta de dados e análise dos argumentos. Por exemplo, parece incoerente avaliar habilidades argumentativas dos sujeitos via entrevistas individuais e comparar com a argumentação social num processo de aprendizagem colaborativa em sala de aula.

Argumentação na Ciência

A ciência pode ser entendida como um processo dinâmico e não linear de proposição e avaliação de modelos científicos, que podem ser compreendidos como

[...] formas de representação de aspectos do mundo, que variam conforme abrangência, precisão, aproximação e detalhes. (GIERE, 2009, p. 252).

Na visão de ciência baseada em modelos

[...] o propósito da observação e experimentação é auxiliar cientistas a decidir qual modelo melhor se ajusta aos aspectos do mundo real sob

investigação, o que difere radicalmente da proposta empirista da ciência. (GIERE, 2001, p. 25)

A figura 3 explicita algumas possibilidades de situações argumentativas envolvidas nesta visão.

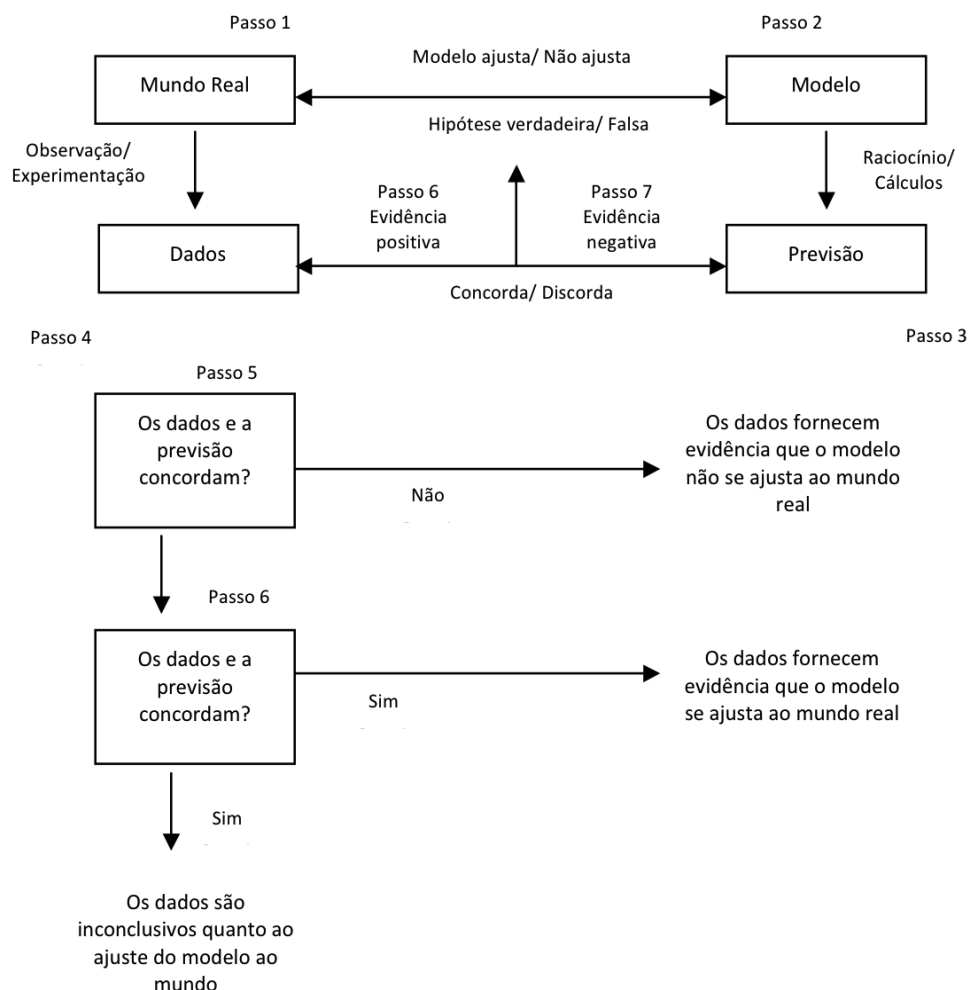


Figura 3: Argumentação envolvida na produção e avaliação de modelos (Giere, 2001).

De acordo com a figura 3, o(s) sujeito(s) envolvido(s) no processo constrói(em) um modelo (passo 2) a partir da interação de uma série de fatores: (i) leis, teorias e modelos que fazem parte da(s) estrutura(s) cognitiva(s), (ii) relações analógicas e matemáticas para representar algum aspecto do mundo real (Nersessian, 2002), (iii) habilidades linguísticas e visuais (Nersessian, 1999), e (iv) criatividade do(s) sujeito(s) (Morrison e Morgan, 1999). A partir daí, são propostas hipóteses a fim de verificar se o modelo é adequado à realidade. Previsões a partir do modelo são feitas (passo 3) e comparadas aos dados (passo 4). Se não há adequação (passo 5), conclui-se que o modelo não se ajusta ao aspecto do mundo estudado. Giere apresenta um argumento para exclusão do tipo:

Se o modelo se ajusta ao mundo real, as previsões devem concordar com os dados. Se não concordam, o modelo não se ajusta ao mundo real. (GIERE, 2001, p.26)

Ele enfatiza que

Ninguém decide categoricamente que o modelo não se ajusta ao mundo. Ao invés disso, alguém pode concluir que existem boas evidências ou boas razões para acreditar que o modelo não se ajusta". (GIERE, 2001, p.26)

Ele também salienta que

[...] na ciência, as decisões não são tomadas com base em poucos experimentos e dados; em geral existem vários experimentos e dados que levam a uma mesma conclusão. (GIERE, 2001, p.27)

Se há adequação das previsões aos dados (passo 6), novamente podem ocorrer duas situações. A primeira consiste em aceitar a adequação do modelo ao mundo real a partir de um argumento do tipo:

Se o modelo se ajusta ao mundo real, a previsão deve concordar com os dados. Se concorda, o modelo se ajusta ao mundo real. (GIERE, 2001, p. 27)

O filósofo enfatiza que, na ciência, o conhecimento relativo a um campo de pesquisa particular deve ser levado em consideração no julgamento, o que indica que a decisão sobre boas evidências a favor de um modelo depende da produção científica daquele momento específico, ou seja, o julgamento do conhecimento depende de fatores específicos do campo disciplinar. Segundo ele, fatores pessoais e sociais envolvidos, com destaque para a persuasão envolvida na fala, também influenciam na escolha das teorias e modelos, ou seja, o julgamento do conhecimento depende de fatores externos à disciplina.

Na segunda situação, não é possível afirmar que o modelo é adequado, mesmo com a concordância das previsões com os dados, pois não há evidências suficientes para essa conclusão.

As ideias do filósofo Giere (esquematizadas na figura 3) evidenciam que a argumentação é inerente à ciência devido: (i) à necessidade intrínseca de justificar e julgar a adequação de modelos e teorias de acordo com os conhecimentos e evidências disponíveis; e (ii) ao caráter social da ciência, em que os construtos gerados pelos cientistas estão abertos à discussão e refutações pela comunidade científica. Na opinião de Osborne et al. (2004a), são essas situações controversas que favorecem o avanço da ciência, ou seja, a ciência cresce mais pelo conflito do que pelo acordo.

De forma geral, a *argumentação científica* pode ser compreendida como um processo social de justificativa de conclusões, que se dá a partir da coordenação de dados e teorias científicas, sendo que a avaliação do conhecimento é seu aspecto central. A argumentação científica está diretamente relacionada a *justificativas* e *persuasões* (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; ERDURAN, 2008). A argumentação como justificativa implica no compromisso com evidências em escolhas teóricas a partir da racionalidade empregada no processo (seleção de evidências a partir de dados e uso das evidências na justificativa do conhecimento mais adequado para explicar algum aspecto da

natureza). A argumentação como persuasão implica em movimentos retóricos empregados na fala e na escrita com o objetivo de ponderar e dar forças às conclusões visando o convencimento (isto é, visando enfatizar porque determinado conhecimento é melhor do que outros, porque tem maior poder explicativo). Nesse sentido, um *argumento científico* pode ser definido como uma afirmação devidamente subsidiada por justificativa(s) de natureza empírica e teórica. A afirmação terá um maior grau de força em termos do número e da qualidade dos movimentos de conexão (*coordenação, coerência e progressiva construção* das linhas de raciocínio) entre dados e teorias (KELLY; REGEV; PROTHERO, 2008).

Duschl e Ellenbogen (2009) propuseram um esquema (figura 4) que ilustra os processos argumentativos existentes durante a transformação dos dados em evidências e o uso delas para escolha de modelos.

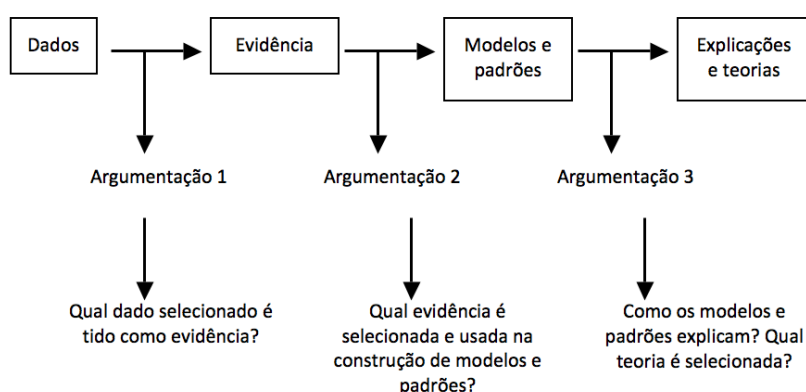


Figura 4: Transformações de dados e pontos de tomada de decisões (DUSCHL; ELLENBOGEN, 2009, p. 112).

A figura 4 mostra que o processo de escolha de teorias e modelos rivais envolve três etapas argumentativas: a seleção dos dados que serão utilizados como evidências no argumento (isto é, aqueles que têm o papel de confirmar ou refutar uma afirmativa); o uso das evidências na construção de modelos concorrentes (isto é, como os dados são articulados no argumento com o objetivo de confirmar ou refutar uma afirmativa); e a seleção de modelos ou teorias que melhor explicam o fenômeno analisado em relação ao modelo ou teoria concorrente. Portanto, a argumentação envolvida no processo de produção de modelos cujos objetivos são fundamentar a proposição de explicações científicas (GILBERT, 2008), pode ser entendida como comparação da capacidade explicativa de distintos modelos que competem entre si ao explicar fenômenos (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; PUIG MAURIZ, 2010).

Em suma, esta seção explicita que a argumentação é central no processo de construção e defesa de explicações científicas (BERLAND; REISER, 2009). Ela também demonstra que há fortes relações entre as visões epistemológicas dos sujeitos e o valor atribuído à argumentação (KUHN, 1991). Isto porque para Kuhn (1991), apenas quando os sujeitos percebem que o conhecimento científico é fruto de julgamentos, comparações e avaliações de explicações que competem entre si (como discutido nesta seção a partir das ideias de Giere) é que eles percebem a argumentação como fundamento para o raciocínio. Tais aspectos justificam a inserção da argumentação na sala de aula de ciências como forma de favorecer a aprendizagem sobre ciência.

Argumentação no Ensino de Ciências

Com relação à inserção da argumentação no currículo de ciências visando a educação científica, inicialmente discutimos a relação com a aprendizagem sobre ciência e o fazer científico (DRIVER et al., 2000; DUSCHL; OSBORNE, 2002; OSBORNE et al., 2004a; SANDOVAL; MILLWOOD, 2008).

Os estudos das ideias epistemológicas dos estudantes sobre ciência a partir de investigações sobre como os mesmos constroem argumentos científicos é recente (HUG; MCNEILL, 2008; SANDOVAL; MILLWOOD, 2008; MCNEILL, 2011; RYU; SANDOVAL, 2012). Sandoval e Millwood são pesquisadores que têm se preocupado intensamente em investigar as relações entre argumentação e visão de ciência. De acordo com esses pesquisadores, a melhor forma de investigar essa relação é analisar as ideias epistemológicas dos estudantes quando eles estão envolvidos no aprendizado e na reflexão sobre esse aprendizado (o que eles denominam epistemologia prática). De acordo com os autores, a argumentação é uma das práticas que favorece a externalização das crenças epistemológicas dos sujeitos. Para eles, em concordância com outros autores (por exemplo, DUSCHL; OSBORNE, 2002; KELLY; TAKAO, 2002), é fundamental identificar os critérios para produção de argumentos e as razões que os estudantes atribuem para o ato de argumentar em textos e salas de aula de ciências, pois a partir disso torna-se possível compreender as crenças dos estudantes sobre o papel de justificativas e evidências na ciência. Por exemplo, quando Sandoval e Millwood (2008) questionaram estudantes sobre o critério de certeza de uma afirmativa particular ou sobre a melhor forma de persuadir alguém sobre um tema no campo da ciência, a maior parte da amostra pesquisada apelou para o uso de dados empíricos. Na concepção dos autores, o apelo a esse tipo de justificativa seria um tipo de raciocínio legitimado, mas, por outro lado, os alunos não conseguiram mostrar as contribuições específicas de dados particulares no caso analisado. Em outros termos, para os estudantes, é como se os dados falassem por si mesmos, sem preocupação em mostrar como eles legitimam uma conclusão. Esses pesquisadores também perceberam que os estudantes pesquisados julgavam que as evidências são desnecessárias na formulação de conclusões porque, em geral, não há demanda retórica para levantamento de evidências, uma vez que, para eles, os professores já conhecem a “resposta correta” e eles, estudantes, devem apenas fornecê-la, ao invés de entender suas bases (uma vez que no ensino não é usual a solicitação para explicitar claramente as linhas de raciocínio que levam até uma conclusão) (BERLAND; REISER, 2010).

O estudo conduzido por Sandoval e Millwood demonstra que os trabalhos realizados nas escolas não são compatíveis com os que os cientistas fazem. Por exemplo, as atividades experimentais privilegiam a comprovação de uma lei ou teoria e não a discussão de como os dados coletados contribuem para se eleger uma teoria entre as possíveis (KUHN, 1993). Nesse sentido, os autores enfatizam a necessidade de planejar estratégias de argumentação eficazes e de investigar os artefatos produzidos pelos estudantes durante as aulas, principalmente questionando-os sobre os critérios de seus argumentos. A pesquisa de Berland e Reiser (2009) corrobora a falta de preocupação dos estudantes quanto ao fator persuasão nos argumentos como consequência do tipo de ensino (no qual frequentemente ocorrem: discurso de autoridade do professor, ênfase no conhecimento científico ao invés de discussão sobre os processos da ciência e sobre como se chegou a determinado conhecimento

em relação a outros possíveis, e o não entendimento da ciência como prática social em que o elemento persuasão se faz presente). Duschl e Ellenbogen (2009) também destacam a necessidade de dar suporte aos estudantes quanto ao entendimento da argumentação científica a partir dos dados obtidos na pesquisa com estudantes de ciências dos Estados Unidos, que fizeram confusão ao diferenciar explicações de evidências – resultados que corroboram os trabalhos de Kuhn (1991, 1993) sobre as dificuldades de os sujeitos diferenciarem teorias causais de evidências.

Com relação ao uso de evidências, Zeidler (1997) e Chinn e Brewer (1998) investigaram como estudantes lidam com dados anômalos, isto é, aqueles que foram propostos com o objetivo de levá-los a refletir sobre a adequação com a teoria prévia. De forma geral, eles constataram que estudantes apresentam dificuldade de distinguir dados e teorias. Quando são solicitados a refletir sobre suas teorias prévias a partir de dados, em geral, estudantes tendem a (i) ignorá-los; (ii) rejeitá-los; (iii) demonstrar incerteza sobre a validade dos mesmos; (iv) excluí-los do domínio das suas teorias prévias; (v) deixá-los em suspensão; (vi) reinterpretá-los; (vii) aceitá-los de forma a propor modificações periféricas em suas teorias prévias; e (v) aceitá-los de forma a resultar em mudança conceitual. Segundo os autores, o conhecimento da forma como estudantes lidam com evidências pode fornecer aos professores indícios sobre como trabalhar com dados anômalos no ensino de ciências de forma a favorecer o desenvolvimento do raciocínio científico e a ocorrência de mudança conceitual.

Ainda sobre evidências, há alguns estudos que investigam como estudantes lidam com dados primários e secundários (por exemplo, KANARI; MILLAR, 2004; HUG; MCNEILL, 2008) e outros sobre o processo de construção e avaliação de evidências (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, 2010). Dados primários são aqueles diretamente coletados pelos estudantes, enquanto dados secundários são aqueles que foram coletados por outros ou apresentados por diferentes fontes. Ambos são importantes para o desenvolvimento do raciocínio científico do estudante (KELLY; DRUKER; CHEN, 1998). Com relação aos dados primários, Kanari e Millar (2004) encontraram que, quando os estudantes coletam seus próprios dados, eles os analisam mais facilmente quando duas variáveis demonstram claramente a existência de covariação entre elas ('quanto mais aumenta um valor, mais o outro aumenta'). Ainda segundo esses autores, o mesmo não pode ser afirmado quando não há tendências de covariação. Na pesquisa conduzida por Hug e McNeill (2008), os dados primários foram importantes para auxiliar os estudantes a compreender as origens dos dados, enquanto os secundários foram, geralmente, encarados como autoritários. Nesta pesquisa, os dados secundários permitiram aos estudantes a manipulação e identificação de padrões que seriam complexos de concluir a partir de dados primários. Hug e McNeill (2008) perceberam também que os estudantes estabeleceram conclusões com as devidas justificativas utilizando dados primários e secundários. Entretanto, elas ressaltaram que, apesar de ter ocorrido maior número de discussões envolvendo dados secundários, as que envolveram dados primários conduziram a conclusões de melhor qualidade, por exemplo, mais próximas do conhecimento científico. De acordo com Palincsar e Magnusson (2001, apud HUG; MCNEILL, 2008), os estudantes apresentam dificuldades em raciocinar com dados secundários, sendo necessário maior suporte devido à maior complexidade das discussões. Para Kerlin, McDonald e Kelly (2010), a complexidade dos dados e o contexto de uso (conhecimentos prévios e tipo de

relações dos dados com os conhecimentos) influenciam significativamente a maneira como o estudante lida com dados distintos e, conseqüentemente, seus argumentos.

Jiménez-Aleixandre (2010) apresenta os critérios para construção ou avaliação de evidências, sendo que estas são definidas pela autora como as observações, os experimentos, os fatos, os sinais ou as razões aos quais se recorre para mostrar que uma afirmativa é correta ou falsa. A partir dos critérios especificidade, suficiência e confiabilidade, a autora mostra que nem todos os dados podem assumir o caráter de evidência. Em um dado conjunto de dados, são considerados específicos aqueles que conseguem apontar para uma conclusão defendida (ou refutada) e que exclui outras possibilidades. Em outras palavras, dados específicos demonstram especificidade para se provar uma afirmativa em particular, enquanto outros dados apontariam para uma solução divergente. Com relação à suficiência de uma evidência, é importante considerar, segundo a autora, se um conjunto de dados é suficiente para provar (ou refutar) uma afirmativa ou se apenas um dado isolado é melhor para o que se objetiva. A confiabilidade está relacionada à consistência dos instrumentos de coleta de dados em proporcionar resultados estáveis, que podem ser avaliados comparando-os entre si ou com outro conjunto de dados. As características propostas pela autora para construção de evidências em um argumento ou para avaliação de conhecimentos são muito úteis porque dados são interpretados de forma diferente de acordo com as lentes teóricas dos sujeitos.

De forma geral, constatamos que a maior parte das pesquisas relacionadas à argumentação e visão de ciência têm analisado (i) como os estudantes utilizam dados em seus argumentos; (ii) tipos de justificativas mais utilizadas pelos estudantes para respaldar suas afirmativas e como elas trazem indicativos sobre suas visões de ciência (por exemplo, se utilizam raciocínio de causa e efeito, hipóteses baseadas em evidências, analogias ou se argumentam utilizando o livro didático ou a fala do professor como forma de provar o ponto de vista) (Duschl, 2008), ou seja, os critérios epistêmicos utilizados pelos estudantes; e (iii) como os estudantes utilizam a persuasão para convencer os demais sobre suas escolhas teóricas, se a utilizam ingenuamente, a partir de uma visão de argumentação da qual deverá sair um vencedor ou, pelo contrário, como um aspecto importante da ciência, no qual razões e evidências são utilizadas para respaldar as conclusões (BERLAND; HAMMER, 2011).

Também existem pesquisas que têm apontado às relações entre visão de ciência e contra argumentação (entendida como uma forma de invalidar a teoria pessoal do próprio sujeito). Kuhn (1991) concluiu sobre a existência de relações entre visão epistemológica de ciência de um sujeito e sua capacidade de contra argumentar. Isto aconteceu porque ela constatou que quando o sujeito acreditava demasiadamente na veracidade de sua teoria e não via a possibilidade de a mesma ser invalidada, ou quando acreditava que o conhecimento é algo estático e absoluto, ele teve dificuldade de perceber que evidências poderiam invalidar seu ponto de vista. Mais recentemente, em nosso estudo sobre as habilidades argumentativas de estudantes de Química do ensino médio (IBRAIM; MENDONÇA; JUSTI, 2012), também constatamos que os estudantes que demonstraram mais convicção de sua explicação como 'correta' não demonstraram a habilidade de contra argumentar. Também constatamos que tais sujeitos foram capazes de refutar uma teoria alternativa à proposta por eles. Julgamos que tais ações ocorreram pela forte crença na teoria pessoal.

As pesquisas também têm evidenciado que a argumentação é promissora para a aprendizagem *sobre ciência* e para o *fazer ciência*. Para Kuhn (1993), Duschl e Osborne (2002), Driver et al. (2000) e Jiménez-Aleixandre (2008), o Ensino de Ciências efetivamente contribuirá para a aprendizagem sobre ciência e para o fazer científico quando der aos estudantes oportunidades de engajamento em argumentação, construção de explicações e avaliação de evidências. Para esses autores, atividades práticas que não dão oportunidades para discussão e construção social do conhecimento a partir da avaliação de diferentes perspectivas para um fenômeno falham em representar a essência da natureza da ciência e não estabelecem condições para o entendimento dos estudantes. Jiménez-Aleixandre (2008) afirma que o professor tem importante papel a desempenhar ao apontar possíveis interpretações e pedir aos estudantes que considerem evidências para cada uma delas. Para a autora, essas ações são frutíferas em grupos pequenos de discussão em que os estudantes têm a oportunidade de explorar suas próprias posições. Nesses casos, o professor tem o papel de engajá-los na comparação e decisão da melhor solução. Ao realizar essas ações, o professor pode tornar os estudantes conscientes sobre a maneira como cientistas raciocinam na análise de hipóteses rivais (DRIVER et al., 2000; OSBORNE, 2007). Ainda segundo Jiménez-Aleixandre (2008), professores devem desenvolver, juntamente com os estudantes, critérios para construção e avaliação de argumentos. Por exemplo, bons argumentos são diferentes de crenças prévias e meras opiniões, podem incluir múltiplas justificativas de diferentes naturezas, e são sustentados por evidências (Jiménez-Aleixandre e Pereiro Muñoz, 2002; Duschl, 2008; Sandoval e Millwood, 2008).

Com relação à argumentação voltada para a educação científica, discutimos, a seguir, sobre sua influência no Ensino de Ciências no que tange ao desenvolvimento conceitual, isto é, a aprender ciência.

Estratégias de ensino que favoreçam à construção do conhecimento a partir de uso de evidências; produção de explicações distintas e argumentação em torno delas; produção de argumentos e refutações em discussões em pequeno grupos; atividades experimentais em que o estudante tem oportunidade de propor modelos e justificativas e discussão de textos históricos (Osborne, 2007; Jiménez-Aleixandre, 2008) têm contribuído positivamente para o desenvolvimento conceitual dos estudantes, permitindo um entendimento mais claro dos conceitos anteriores, a produção de novos conceitos e a modificação de concepções alternativas (VON AUSCHNAITER; ERDURAN; OSBORNE; SIMON, 2008; CROSS; TAASOOSHIRAZI; HENDRICKS; HICKEY, 2008). Alguns pesquisadores têm atribuído tais resultados positivos ao fato de o ensino que favorece a argumentação dos estudantes levá-los à compreensão dos motivos de uma solução ou modelo ser mais adequada(o) do que outra(o) (OSBORNE, 2007; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, 2008). Em outras palavras, nesta perspectiva, o Ensino de Ciências deixa de ser visto apenas como uma retórica de respostas corretas e passa a dar abertura para discussão das linhas de pensamento que levaram à elaboração e aceitação de determinado conhecimento. Na concepção de Duschl (2008), o foco do ensino passa a ser não apenas o que as pessoas pensam, mas como elas pensam de determinada forma e porque tal pensamento é melhor do que outros.

Os resultados satisfatórios em termos de aprendizagem conceitual são ainda explicados pelo caráter dialógico proporcionado pelo ensino que favorece a argumentação. Segundo Osborne (2007), há determinados tópicos da ciência, como a constituição da matéria (partículas e espaços vazios), em que as evidências (por exemplo, a ocorrência de dissolução de uma substância em outra) não falam diretamente. Assim, para seu entendimento, é necessária a criação de modelos e explicações a partir do processo dialógico de argumentação. Nesse sentido, a argumentação e a produção de modelos explicativos estão intimamente conectados na avaliação e desenvolvimento do conhecimento (BERLAND; REISER, 2009; BOTTCHE; MEISERT, 2010; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; PUIG MAURIZ, 2010), principalmente, daqueles conceitos de natureza fortemente abstrata (ERDURAN; DUSCHL, 2004).

É importante destacar que a maioria das pesquisas investiga desenvolvimento de habilidades argumentativas relacionados às questões sócio científicas (por exemplo, Zohar e Nemet, 2002). Isso indica que mais pesquisas sobre argumentação, habilidades argumentativas e aprendizagem no Ensino de Ciências são pertinentes, justamente pelo caráter altamente abstrato de algumas delas (como, por exemplo, a Química), que implica na necessidade de recorrer a modelos para subsidiar as explicações.

Nossa leitura da literatura também evidenciou que há pesquisadores que afirmam que existe dependência entre as habilidades argumentativas e os conhecimentos prévios dos sujeitos quando o tema discutido se situa no contexto científico (von Auschnaiter et al., 2008; Cross et al., 2008). Para von Auschnaiter et al. (2008), conhecimento prévio é um aspecto fundamental para engajamento em argumentação, pois os dados da pesquisa conduzida por eles evidenciaram que estudantes têm dificuldade de se engajar em discussões que envolvem casos não familiares a eles. Segundo os autores, para engajá-los, as tarefas devem envolver conceitos do dia a dia juntamente com as ideias científicas, com o intuito de ampliar o conhecimento dos estudantes. Chiaro e Leitão (2005) também apresentam ideias convergentes quando comentam sobre os tipos de temas que são discutíveis em sala de aula, isto é, aqueles que gerariam condições primeiras para ocorrência de situações argumentativas. Como exemplo de tema discutível, Chiaro e Leitão (2005) citam aqueles derivados do discurso natural ou cotidiano. Em contraste, o discurso científico seria menos discutível porque se mostra relativamente cristalizado e tende a não aceitar remodelações em função da argumentação de leigos. Segundo Hogan e Maglienti (2001), tais afirmativas se justificam porque a qualidade dos argumentos é dependente de um conjunto apropriado de conhecimentos científicos que constituem os dados e as justificativas para o argumento. De forma similar, Sandoval (2005) sugere que a construção de argumentos de alta qualidade requer a aplicação de conhecimentos conceituais provenientes de teorias científicas relevantes para um problema específico. Em nosso trabalho (Mendonça e Justi, submetido) também constatamos a importância dos conceitos científicos prévios para a argumentação, mas também consideramos como argumentos válidos aqueles em que os estudantes demonstravam ideias alternativas à da ciência. Isto porque tais argumentos foram importantes no processo de construção de conhecimentos por modelagem, porque favoreceram a explicitação das ideias dos sujeitos, contribuindo para a melhor compreensão conceitual devido ao entendimento dos motivos de um modelo ser mais adequado que outro.

Em contrapartida, no contexto sócio científico a relação entre conhecimento e habilidades argumentativas é atenuada (SIMONNEAUX, 2008). Isto porque no contexto sócio científico, estudantes podem propor ideias com base em conhecimentos desenvolvidos informalmente a partir de suas vivências cotidianas e valores éticos. Ainda com relação ao contexto sócio científico, julgamos bastante razoável os resultados da pesquisa conduzida por Lewis e Leach (2006) relativa ao relacionamento entre conhecimento científico e habilidade de engajamento em discussões dessa natureza. Eles mostraram, através de uma pesquisa com 200 estudantes (14-16 anos), que o engajamento em discussões sobre aplicação de tecnologia genética é fortemente influenciado pelo reconhecimento de questões chave, o que requer algum entendimento de conhecimentos científicos relevantes. Eles sugerem que o requisito base de conhecimento científico é relativamente modesto e pode ser efetivamente ensinado através de breves intervenções que sejam bem projetadas e contextualizadas, mas não descartam completamente a relevância de tal conhecimento de conteúdo.

Debates e Questões Atuais sobre Argumentação no Ensino de Ciências

Modelagem e Argumentação no Ensino de Ciências

A modelagem pode ser entendida com um processo de produção, teste, avaliação e revisão crítica de modelos, sendo considerada como central no desenvolvimento da ciência (GILBERT, 1991; NERSESSIAN, 1992) porque modelos desempenham várias funções, tais como: expressão do pensamento, suporte à construção de teorias e ampliação das mesmas (MORRISON; MORGAN, 1999); favorecimento da visualização de entidades abstratas (GILBERT, 2008); fundamentação para proposição de explicações (WINDSCHITL; THOMPSON; BRAATEN, 2008) e sustentação de inferências, previsões e simulações utilizadas em ambas (NERSESSIAN, 2002).

A visão de ciência baseada em modelos implica em várias situações nas quais o pesquisador deve: fazer escolhas e justificá-las; propor modelos intermediários; comunicá-los a seus pares; planejar e investigar e, conseqüentemente, coletar dados para avaliar suas proposições; criticar seus modelos e de seus pares; e modificar modelos segundo algum critério ou a partir do compromisso com alguma evidência. Nesse sentido, pode-se afirmar que o processo de modelagem científica é inerentemente argumentativo (GIERE, 2001; CLEMENT, 2008; WINDSCHITL et al., 2008; BOTTCHER; MEISERT, 2010; PASSMORE; SVOBODA, 2011).

Em função da centralidade da modelagem na ciência e dos objetivos atuais do Ensino de Ciências, que destacam a inserção dos estudantes em práticas autênticas da ciência, pesquisadores (por exemplo, BARAB; HAY, BARNETT; KEATING, 2000; GILBERT, 2004; CLEMENT; REA-RAMIREZ, 2008) têm evidenciado a importância de atividades de modelagem no Ensino de Ciências.

Nesse sentido, torna-se significativa a inserção de atividades de modelagem nas salas de aula de ciências e a produção de pesquisas que investiguem as relações entre modelagem e argumentação no Ensino de Ciências (Clement e Rea-Ramirez, 2008). Apenas mais recentemente tem sido observada a produção de trabalhos com esses objetivos (BOTTCHER; MEISERT, 2010; PASSMORE; SVOBODA, 2011).

Clement et al. (2008) têm utilizado o ciclo GEM (geração, avaliação e modificação de modelos) para compreensão do processo de modelagem. Segundo esses pesquisadores, a argumentação pode ocorrer durante o “momento competição” no processo de avaliação da modelagem, que acontece quando há confirmação, modificação ou negação de um modelo, e no qual os estudantes podem justificar suas escolhas para confirmar, modificar ou descartar um modelo. Isto significa que os autores não compreendem a argumentação atrelada às fases de geração e modificação dos modelos, mas apenas às etapas em que estes são avaliados frente a outros rivais ou em relação a evidências disponíveis. Apesar dessas considerações, não foram encontrados na literatura, até o presente momento, trabalhos de Clement e colaboradores que investigam, a partir de instrumentos específicos, questões relacionadas à argumentação e modelagem.

Bottcher e Meisert (2010), recorreram à estrutura GEM e a outros dados disponíveis na literatura (KELLY et al., 1998), para apresentar uma teoria da argumentação baseada em modelagem e compará-la ao modelo de Toulmin. De forma similar às ideias de Clement e colaboradores, esses autores também investigaram a argumentação atrelada à fase de avaliação dos modelos. Isto porque, segundo Bottcher e Meisert (2010), a argumentação consiste em um processo crítico de avaliação de modelos com o objetivo de verificar a plausibilidade de um ou mais modelos rivais de acordo com a coerência lógica deles e os dados empíricos disponíveis. Esses pesquisadores avaliaram os argumentos relacionados aos modelos como ‘corretos’ ou ‘incorretos’ de acordo com os dados disponíveis e os conhecimentos científicos. Porém, eles consideram que, apesar da centralidade dos conhecimentos científicos prévios para argumentar, um conhecimento insuficiente sobre os modelos e os dados não implica necessariamente em baixa qualidade de argumentação. Além disso, estudantes novatos no estudo de um assunto apresentam modelos mentais ingênuos, mas que podem ser sofisticados adequadamente em direção a um modelo mais coerente com o científico a partir de situações argumentativas envolvidas no processo de evolução dos modelos.

Em nossos estudos, investigamos a ocorrência de situações argumentativas e a qualidade dos argumentos de estudantes de Química do ensino médio que estudaram ligações químicas e interações intermoleculares a partir de atividades de modelagem, propostas em nosso grupo de pesquisa (MOZZER; QUEIROZ; JUSTI, 2007; MENDONÇA; JUSTI, 2009; MENDONÇA; JUSTI, 2011). Em um de nossos trabalhos (MENDONÇA; JUSTI, submetido) também constatamos que os argumentos iniciais dos estudantes no início do processo de modelagem são mais simples porque eles tendem a justificar suas ideias utilizando apenas os dados experimentais, sem conectá-los às teorias científicas. Entretanto, com o desenvolvimento da modelagem, isto é, com a participação em várias atividades nas quais podem realizar teste dos modelos (quando explicitamente se solicita que o modelo seja capaz de explicar as evidências, enfatizando-se o nível submicroscópico da matéria), os estudantes conseguem produzir argumentos científicos de melhor qualidade, por exemplo, com linhas de raciocínio que demonstram a conexão de dados às teorias científicas. De forma geral, percebemos que a argumentação em processos de construção do conhecimento, como a modelagem, esteve relacionada aos objetivos de ‘produção de significados’ e ‘persuasão’ destacados por Berland e Reiser (2009).

Passmore e Svoboda (2011) e Mendonça e Justi (submetido) constataram, a partir de atividades fundamentadas em modelagem aplicadas em contextos reais de sala de aula, a existência de situações argumentativas durante vários momentos do processo de modelagem, isto é, não apenas na fase de avaliação de modelos. Segundo os dados da pesquisa desenvolvida por Passmore e Svoboda (2011), a argumentação ocorre em todas as etapas da modelagem quando os estudantes estão engajados em (i) interpretar fenômenos, no processo de questionamento dos mesmos e na definição do escopo de um problema ou limitação de parte do fenômeno a ser modelado; (ii) buscar uma metodologia para resolver as questões que foram colocadas, ou, em outras palavras, buscarevidências que deem suporte a alguma hipótese; (iii) buscarrelações entre modelo e dados, ou seja, buscar justificativas que demonstrem que um modelo particular é consistente com os dados que se propõe a explicar e (iv) avaliar modelos, ou seja, discutir se existe um modelo mais adequado para explicar os dados disponíveis e que esteja comprometido com as perspectivas teóricas de um campo.

Em nosso trabalho (Mendonça e Justi, submetido), também constatamos a presença de situações argumentativas em todas as etapas da modelagem. Elas estiveram relacionadas à (i) adequação do modelo mental ao modelo expresso, isto é, justificativa sobre os modos de representação adotados para o modelo expresso e como eles favorecem a visualização do modelo mental; (ii) adequação do modelo mental a um objetivo previamente definido, isto é, justificativa sobre o porquê da proposição de um modelo ou como esse modelo explica um determinado fenômeno ou dado; (iii) avaliação do modelo mental frente a novos dados (empíricos ou teóricos) e possível reformulação ou rejeição desse modelo e (iv) avaliação do modelo mental frente às suas abrangências e limitações, isto é, quais aspectos da realidade um modelo é capaz de explicar adequadamente.

A análise dos trabalhos que relacionam explicitamente modelagem e argumentação dá suporte à afirmativa de que atividades de modelagem devem fazer parte do cotidiano das salas de aula de ciências, uma vez que favorecem o desenvolvimento da argumentação científica. É válido ressaltar que nesses estudos citados não houve um foco explícito em ensinar argumentação, isto é, o professor ou material instrucional não trouxe definições sobre o que seria um argumento, seus componentes etc. (Jiménez-Aleixandre, 2008). Pelo contrário, as situações argumentativas aconteceram em função do contexto de ensino que propiciava o uso de evidências para avaliar um modelo, refutações a modelos contrários àqueles defendidos por um determinado grupo de alunos etc. (PASSMORE; SVOBODA, 2011). Em outras palavras, a argumentação foi fomentada pelo contexto de ensino, visto que a modelagem colocava os estudantes em posições de propor modelos e defendê-los criticamente. Em contextos de ensino fundamentados em modelagem em que a argumentação for ensinada explicitamente (por exemplo, apresentando os principais elementos de um argumento em algum tipo de esquema gráfico e solicitando aos estudantes que os completem com suas ideias), novas questões de pesquisa podem ser investigadas. Consideramos que seria interessante, por exemplo, perceber se ocorre evolução de algumas habilidades argumentativas dos alunos, como saber distinguir evidência de justificativa (MCNEILL, 2011).

Nosso trabalho sobre modelagem e argumentação também evidenciou que diferentes tipos de representações (modelos concretos, desenhos, gestos) são recursos importantes para favorecer a argumentação em atividades de modelagem. Julgamos que essa contribuição seja bastante relevante em função de pesquisadores (por exemplo, Erduran, 2008; Carmo e Carvalho, 2012) enfatizarem que é necessário estudar a argumentação relacionada a múltiplos modos de comunicação. Nesse sentido, julgamos que mais pesquisas relacionadas a *argumentação e multimodalidade* podem contribuir para o crescimento do conhecimento na área de Ensino de Ciências.

Argumentação e Explicação no Ensino de Ciências

A literatura é consensual em afirmar que explicações e argumentações são práticas fundamentais da ciência e que elas são necessárias para a compreensão de conceitos e desenvolvimento do raciocínio científico dos estudantes da educação básica (KUHN, 1993; BERLAND; REISER, 2009; BRAATEN; WINDSCHITL, 2011; OSBORNE; PATTERSON, 2011; NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2012). Também é consensual o entendimento de que essas práticas são distintas e complementares (isto é, estabelecem uma relação de sinergia) no processo de construção, avaliação e disseminação de conhecimentos na comunidade científica (MCNEILL, 2011; BERLAND; MCNEILL, 2012; OSBORNE; PATTERSON, 2012). Entretanto, não há consenso na literatura sobre a necessidade de se diferenciar argumentação de explicação para estudantes da educação básica (BERLAND; MCNEILL, 2012; OSBORNE; PATTERSON, 2012). Nesse artigo não discutimos detalhadamente sobre o que consiste uma explicação em termos de sua fundamentação teórica, pois nosso foco é apresentar as controvérsias atuais sobre as distinções entre argumentação e explicação no Ensino de Ciências com o objetivo de suscitar novas questões de pesquisa. Sugerimos aos interessados em saber mais sobre os fundamentos de uma explicação científica que consultem Martins, Ogborn e Kress (1999) e Braaten e Windschitl (2011).

Inicialmente, discutimos a relação de complementaridade e distinção entre argumentação e explicação. Uma explicação pode ser entendida como um relato que especifica *o que* ocorre com um fenômeno, *como* ele ocorre e *porque* ele ocorre (BRAATEN; WINDSCHITL, 2011). Geralmente, explicações estão associadas a questões comuns na salas de aula de ciências, tais como: “por que a massa se conserva em reações químicas?”, “por que esse material flutua em água?”, “por que grafite funde em uma temperatura elevada?”. Ou seja, em geral, uma explicação geralmente está relacionada a uma pergunta que remete à causalidade (Martins et al., 1999; Osborne e Patterson, 2011).

Um dos objetivos gerais do Ensino de Ciências atual é que o estudante possa ter oportunidades de participar de práticas de produção de conhecimento que sejam análogas àquelas desenvolvidas pela comunidade científica. Portanto, torna-se necessário que o professor não apresente ‘explicações prontas’ aos estudantes, mas que ele possa guiar o processo de proposição de explicações para os fenômenos. Isso indica que, no Ensino de Ciências, torna-se desejável que o trabalho com explicações se expanda para o processo de construção de explicações (WINDSCHITL et al., 2008; BERLAND; REISER, 2009). Essa necessidade também pode ser justificada pela constatação da existência de várias concepções alternativas em vários temas estudados em Química, Física e Biologia, nas quais estudantes apresentam explicações divergentes das científicas, manifestando várias ideias do senso comum. Isto

demonstra que a proposição de explicações científicas é algo complexo para os estudantes porque eles têm que superar vários obstáculos de natureza ontológica e epistemológica (Martins et al., 1999). Conseqüentemente,

[...] o trabalho diário na sala de aula é tentar estabelecer nexos, continuidades, relações entre essas diferentes visões de mundo e aproximar posições que se encontram separadas por abismos conceituais. (MARTINS et al., 1999, p. 2)

Isso implica que o trabalho do professor deve envolver *criar diferenças* entre vários pontos de vista para que explicações científicas sejam construídas. Por sua vez, esse processo passa a ter o caráter argumentativo, uma vez que acarreta abertura para diferentes posicionamentos, refutações e busca de melhores soluções (VIEIRA; NASCIMENTO, 2009). Portanto, *as explicações devem ser desenvolvidas através de argumentações* (BERLAND; REISER, 2009; OSBORNE; PATTERSON, 2011). Em outras palavras, argumentos potencializam afirmar se a explicação A é mais (in)satisfatória do que a explicação B.

Como ressaltado por Osborne e Patterson (2011), é importante pensar no status epistemológico da explicação em função do contexto, isto é, reconhecer que o processo de construção de explicações é distinto de explicações bem estabelecidas. Algumas explicações são inicialmente hipóteses explanatórias e elas são testadas em relação a outras possíveis. O status epistemológico de explicação é adquirido após resistência a vários argumentos que tinham como objetivo demonstrar sua invalidez.

Na literatura não foram encontradas contradições quanto à necessidade de os estudantes da educação básica vivenciarem o processo de argumentação como aquele constituído por construções e defesas de explicações (BERLAND HAMMER, 2011). A controvérsia surge quando se discute se é necessário ensinar *explicitamente* as distinções entre argumentação e explicação⁴, isto é, se em um determinado momento o aluno deve ter claro que naquela situação ele deve explicar e depois ele deve argumentar sobre a explicação, ou se isso deve ocorrer de forma natural no processo de aprendizagem.

Alguns autores discutem argumentos favoráveis e contrários ao ensino explícito da distinção entre argumentação e explicação no Ensino de Ciências básico (BERLAND; REISER, 2009; MCNEILL, 2011; OSBORNE; PATTERSON, 2011; 2012; RYU; SANDOVAL, 2012). Os argumentos favoráveis se relacionam a(o):

- *Avaliação, guia curricular e documentos oficiais: existência de definições incoerentes sobre o que seria uma explicação e o que seria uma argumentação e caracterização de uma como sendo a outra. Tais equívocos evidenciam falta de clareza de conhecimentos importantes para a área de Ensino de Ciências e podem acarretar em práticas equivocadas por partes dos professores.*
- *Benefício educacional: melhor entendimento dos estudantes sobre a prática científica devido à distinção ser feita a partir do uso de exemplos e questões dirigidas. A proposição explícita para construção de explicações e, posteriormente, a defesa delas demanda um esforço cognitivo intenso dos sujeitos.*

⁴ Para mais detalhes sobre a controvérsia, ver os artigos publicados recentemente no periódico Science Education. Neles, Berland e McNeill (2012) apresentam críticas ao artigo de Osborne e Patterson (2011) sobre a utilidade da distinção entre argumentação e explicação e os últimos autores respondem as críticas tecidas pelos primeiros (OSBORNE; PATTERSON, 2012).

- *Práticas científicas análogas às da ciência: os julgamentos dos critérios educacionais são diferentes daqueles empregados na ciência, portanto, solicitar que as ações sejam realizadas separadamente não implica em pseudoargumentação.*

Por outro lado, os argumentos contrários se relacionam a:

- *Avaliação: maior facilidade de avaliar questões que envolvam argumentação e explicação de forma integrada.*
- *Padronização: o ensino explícito poderia corromper o engajamento autêntico da prática científica. Além disso, os estudantes poderiam realizar as atividades de forma algorítmica.*
- *Integração das práticas: a ciência envolve a produção de questões, desenvolvimento e uso de modelos, construção de explicações e engajamento em argumentações a partir do uso de evidências. Portanto, é um processo integrado, no qual as práticas não ocorrem de forma isolada.*

Tal controvérsia evidencia que pesquisas relacionadas a tais aspectos são necessárias. Por exemplo, nas pesquisas que investigam argumentação em contextos de ensino fundamentado em modelagem (Mendonça e Justi, submetido; Passmore e Svoboda, 2011), constata-se que as atividades de modelagem levam os estudantes a argumentar e explicar devido às demandas inerentes a tais práticas. Entretanto, em alguns casos, os estudantes tiveram dificuldades em distinguir evidências de justificativas em seus argumentos. Portanto, surge a hipótese: será que a introdução de alguns elementos do ensino explícito de argumentação poderia contribuir para a distinção dos componentes do argumento? Isso remete à necessidade de mais estudos de forma a perceber *como* trabalhar de forma explícita com tais práticas epistêmicas de forma a não se configurar um algoritmo para os estudantes.

Apesar de existir dúvida sobre a necessidade do ensino explícito de argumentação e explicação nas escolas, parece ser consensual o reconhecimento da importância de professores de ciência terem claro o que são cada uma dessas práticas e as distinções entre as mesmas. A pesquisa conduzida por Justi e Correia (2011) evidenciou que professores de química recém-formados e que atuavam em salas de aula tinham dificuldades de diferenciar evidências de justificativas em afirmativas corriqueiras no Ensino de Química (como, por exemplo, apresentar uma justificativa e uma evidência para o fato de a massa se conservar em reações químicas). Tal fato constata que ter clareza do que seja um argumento também é um problema de professores de ciências. Isto reforça a necessidade de estudos que estejam relacionados à temática *formação de professores de ciências e argumentação* e de que tais aspectos sejam discutidos na formação inicial.

As discussões apresentadas nos dois últimos parágrafos nos levam a julgar ser pertinente a promoção de novas investigações centradas em questões como: (i) como professores devem trabalhar e discutir as práticas epistêmicas (como argumentação e explicação) e suas diferenças com estudantes? (ii) como a formação de professores de ciências pode contribuir para tal aspecto? (iii) quais os ganhos para estudantes de ciências, em termos de aprendizagem e desenvolvimento de habilidades, quando argumentação e explicação são ensinadas de forma explícita e não explícita?

Os resultados de tais estudos podem contribuir sobremaneira para cursos de formação inicial e continuada de professores de ciências. Isso se torna particularmente

importante no contexto brasileiro porque Correa (2011) não identificou diretrizes claras nos documentos oficiais brasileiros sobre como inserir o tema argumentação nos cursos de formação de professores de ciências.

Considerações Finais

Um vasto conhecimento sobre o papel da argumentação no processo de ensino-aprendizagem de ciências foi gerado nos últimos anos na área de Ensino de Ciências. Nesse artigo, buscamos apresentar uma síntese das principais pesquisas e de algumas tendências importantes observadas.

Por outro lado, pesquisas têm evidenciado que o espaço para argumentação nas salas de aula de ciências é praticamente inexistente (por exemplo, NEWTON; DRIVER; OSBORNE, 1999; ERDURAN; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, 2008; SÁ; QUEIROZ, 2011), pois, em geral, ainda prepondera a visão do professor como transmissor de conhecimentos (aquele que ‘explica bem’ os conteúdos) e da ciência como estática, absoluta, sendo transmitida como uma retórica de conclusões.

Nesse sentido, julgamos que a síntese apresentada neste artigo possa contribuir para que formadores de professores de ciências passem a discutir vários dos aspectos apontados em cursos de formação inicial e continuada de professores. Acreditamos que isto possa contribuir para que os resultados das pesquisas possam influenciar o cotidiano das salas de aula de ciências.

Também julgamos que a revisão da literatura pode contribuir para fomentar mais pesquisas na área. Como acreditamos no caráter eminentemente argumentativo da ciência, pensamos que tais contribuições podem suscitar novos debates e desconsenso que poderão abrir espaço para novas argumentações na comunidade da área de educação científica. Esses, por sua vez, poderão fundamentar a elaboração e o estabelecimento de novos conhecimentos, pilares da pesquisa.

Agradecimentos

Ao CNPq e à professora Danusa Munford (Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais) pelos ensinamentos na disciplina “Argumentação e Educação” e por todas as discussões durante os anos de 2009 a 2011, que contribuíram sobremaneira para produção deste trabalho.

Referências

- AINSWORTH, S. The Educational Value of Multiple-representation when learning complex scientific concepts. In: GILBERT, J. K. (Ed.). **Visualization: Theory and Practice in Science Education**. Dordrecht: Springer, v.3, 2008. p.191-208.
- BAKER, M. Argumentative Interactions and the Social Construction of Knowledge. In: MIRZA, N. M. e PERRET-CLERMONT, A.-N. (Ed.). **Argumentation and Education: Theoretical Foundations and Practices**. Dordrecht: Springer, 2009. p.127-144.
- BARAB, S. A.; HAY, K. E.; BARNETT, M.; KEATING, T. Virtual Solar System Project: Building Understanding through Model Building. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 37, n. 7, p. 719-756,2000.

BERLAND, L. K.; HAMMER, D. Framing for Scientific Argumentation. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 49, n. 1, p. 68-94, 2011.

BERLAND, L. K.; MCNEILL, K. L. For Whom is Argument and Explanation a Necessary Distinction? A Response to Osborne and Patterson. **Science Education**, v.96, n.5, p.808-813, 2012.

BERLAND, L. K.; REISER, B. J. Making Sense of Argumentation and Explanation. **Science Education**, v. 93, n. 1, p. 26-55,2009.

BERLAND, L. K.; REISER, B. J. Classroom Communities' Adaptations of the Practice of Scientific Argumentation. **Science Education**, v. 95, n. 2, p.191-216,2010.

BILLIG, M. **Arguing and thinking: a rhetorical approach to social psychology**.Cambridge: Cambridge University Press, 1987.

BORTOLETTO, A.; CARVALHO, W. L. P. Temas sócio-científicos: análise dos processos argumentativos num contexto escolar. VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Florianópolis. **Atas...** Rio de Janeiro: Abrapec, 2009

BOTTCHER, F.; MEISERT, A. Argumentation in Science Education: A Model-based Framework. **Science & Education**, v. 20, n. 2, p. 103-140,2010.

BRAATEN, M.; WINDSCHITL, M. Working Toward a Stronger Conceptualization of Scientific Explanation for Science Education. **Science Education**, v. 95, n. 4, p. 639-669, 2011.

CARMO, A. A.; CARVALHO, A. M. P. Múltiplas linguagens e a Matemática no Processo de Argumentação em Uma Aula de Física: Análise dos Dados de um Laboratório Aberto. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 17, p. 209-226,2012.

CHIARO, S.; LEITÃO, S. O papel do professor na construção discursiva da argumentação em sala de aula. **Psicologia: Reflexão e Crítica**, v. 18, n. 3, p. 350-357,2005.

CHINN, C. A.; BREWER, W. F. An Empirical Test of Taxonomy of Responses to Anomalous Data in Science. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 35, n. 6, p. 623-654,1998.

CLEMENT, J. Six levels of organization for curriculum design and teaching. In: CLEMENT, J. e REA-RAMIREZ, M. A. (Ed.). **Model Based Learning and Instruction in Science**. Dordrecht: Springer, 2008.p.255-272.

CLEMENT, J.; REA-RAMIREZ, M. A. **Model Based Learning and Science Instruction**.Dordrecht: Springer, 2008.

CORREA, H. L. S. **Análise das capacidades argumentativas de professores de química recém formados na Universidade Federal de Minas Gerais**. 2011. Mestrado Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

CROSS, D.; TAASOBSHIRAZI, G.; HENDRICKS, S.; HICKEY, D. Argumentation: A strategy for improving achievement and revealing scientific identities. **International Journal of Science Education**, v. 30, n. 6, p. 837-861,2008.

DORI, Y. J.; BELCHER, J. Learning electromagnetism with visualizations and active learning. In: GILBERT, J. K. (Ed.). **Visualization in Science Education**. Dordrecht: Springer, 2005.p.187-216.

- DRIVER, R.; NEWTON, P.; OSBORNE, J. Establishing the Norms of Scientific Argumentation in Classrooms. **Science Education**, v. 84, n. 3, p. 287-312,2000.
- DUSCHL, R. A. Quality Argumentation and Epistemic Criteria. In: ERDURAN, S. e JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. (Ed.). **Argumentation in Science Education: Perspectives from Classroom-Based Research**. Dordrecht: Springer, 2008.p.159-170.
- DUSCHL, R. A.; ELLENBOGEN, K. Argumentation and Epistemic Criteria: Investigating Learners's Resasons for Reasons. **Educación Química**, v. 20, n. 2, p. 111-118,2009.
- DUSCHL, R. A.; OSBORNE, J. Supporting and Promoting Argumentation Discourse in Science Education. **Studies in Science Education**, v. 38, p. 39-72,2002.
- ERDURAN, S. Methodological Foundations of Learning Argumentation. In: ERDURAN, S. e JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. (Ed.). **Argumentation in Science Education: Perspectives from Classroom-Based Research**. Dordrecht: Springer, 2008.p.47-70.
- ERDURAN, S.; DUSCHL, R. A. Interdisciplinary Characterizations of Models and the Nature of Chemical Knowledge in the Classroom. **Studies in Science Education**, v. 40, p. 105-138,2004.
- ERDURAN, S.; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. **Argumentation in Science Education: Perspectives form Classroom-Based Research**.Dordrecht: Springer, 2008.
- GIERE, R. N. A new framework for teaching scientific reasoning. **Argumentation**, v. 15, p. 21-33,2001.
- GIERE, R. N. Why Scientific Models Shoul not Regard as Works of Fiction. In: SUARÉZ, M. (Ed.). **In fictions in science: Philosophical Essays on Modelling and Idealization**. London: Routledge, 2009.p.248-258.
- GILBERT, J.K. Models and Modelling: Routes to a more authentic science education. **International Journal of Science and Mathematics Education**, v.2, n.2, p.115-130,2004.
- GILBERT, J. K. Visualization: An emergent field of practice and enquiry in science education. In: GILBERT, J. K.;REINER, M., et al. (Ed.). **Visualization: Theory and Practice in Science Education**. Dordrecht: Springer, 2008. p.3-24.
- GILBERT, W. Model building and a definition of science. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 28, n. 1, p. 73-79,1991.
- GOBERT, J. D. Leveraging Technology and Cognitive Theory on Visualization to Promote Students' Science Learning and Literacy. In: GILBERT, J. K. (Ed.). **Visualization in Science Education**. Dordrecht: Springer, 2005.p.73-90.
- HALPHINE, S. M. Introducing Molecular Visualization to Primary Schools in California: The SRArt! teaching Science Through Art Program. **Journal of Chemical Education**, v. 81, n. 10, p. 1431-1436,2004.
- HODSON, D. In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education. **International Journal of Science Education**, v. 14, n. 5, p. 541-562, 1992.
- HOGAN, K.; MAGLIENTI, M. Comparing the epistemological underpinnings of students' and scientists' reasoning about conclusions. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 38, n. 6, p. 663-687,2001.

HUG, B.; MCNEILL, K. L. Use of First-hand and Secondy-hand Data in Science: Does data type influence classroom conversations? **International Journal of Science Education**, v. 30, n. 13, p. 1725-1751,2008.

IBRAIM, S. S.; MENDONÇA, P. C. C.; JUSTI, R. Contribuições das Tipologias de Walton para Análise de Argumentos em Contextos Científico e Cotidiano. In: XVI Encontro Nacional de Ensino de Química. Salvador, 2012. SILVA, J. L. B. (Orgs.) **Anais...** Salvador:ENEQ 2012. (<http://www.eneq2012.qui.ufba.br/>).

IBRAIM, S.S.; MENDONÇA, P. C. C.; JUSTI, R. Contribuições dos Esquemas Argumentativos de Walton para análise de argumentos no contexto do Ensino de Ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, vol. 13, n1, 2013. p.159-185.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. Designing Argumentation in Learning Environments. In: ERDURAN, S. e JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. (Ed.). **Argumentation in Science Education: Perspectives from Classroom-Based Research**. Dordrecht: Springer, 2008.p.91-116.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. **10 ideas clave: competencias en argumentación y uso de pruebas**.Barcelona: Graó, 2010. 200

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; BUGALLO RODRÍGUEZ, A.; DUSCHL, R. A. "Doing the Lesson" or "Doing Science": Argument in High School Genetics. **Science Education**, v. 84, n. 6, p. 757-792,2000.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; ERDURAN, S. Argumentation in Science Education: An overview. In: ERDURAN, S. e JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. (Ed.). **Argumentation in Science Education: Perspectives from Classroom-Based Research**. Dordrecht: Springer, 2008.p.3-27.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; OTERO GALLÁSTEGUI, J. R.; EIREXAS SANTAMARÍA, F.; PUIG MAURIZ, B. **Resources of introducing argumentation and the use of evidence in science classrooms**.Santiago de Compostela: University of Santiago de Compostela, 2009.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; PEREIRO MUÑOZ, C. Knowledge producers or knowledge consumers? Argumentation and decision making about environmental mangement. **International Journal of Science Education**, v. 24, n. 11, p. 1171-1190,2002.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; PUIG MAURIZ, B. Argumentación y evaluación de explicaciones causales en ciencias: el caso de la inteligencia. **Alambique**, v. 63, p. 11-18,2010.

KANARI, Z.; MILLAR, R. Reasoning from Data: How Students Collect and Interpret Data in Science Investigations. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 41, n. 7, p. 748-769,2004.

KELLY, G. J.; DRUKER, S.; CHEN, C. Student's reasoning about electricity: combining performance assessments with argumentation analysis. **International Journal of Science Education**, v. 20, n. 7, p. 849-871,1998.

KELLY, G. J.; REGEV, J.; PROTHERO, W. Analysis of Line of Reasoning in Written Argumentation. In: ERDURAN, S. e JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. (Ed.). **Argumentation**

in **Science Education: Perspectives from Classroom-Based Research**. Dordrecht: Springer, 2008.p.137-158.

KELLY, G. J.; TAKAO, A. Epistemic levels in argument: An analysis of university oceanography student's oral use of evidence in writing. **Science Education**, v. 86, n. 3, p. 314-342,2002.

KERLIN, S. C.; MCDONALD, S. P.; KELLY, G. J. Complexity of Secondary Scientific Data Sources and Students' Argumentative Discourse. **International Journal of Science Education**, v. 32, n. 9, p. 1207-1255,2010.

KONSTANTINIDOU, K.; CERVERÓ, J. M.; CASTELLS, M. Students' arguments and scientific conception - A didactic interpretation and orientation from a rhetorical-argument theory. **Alambique**, v. 63, p. 26-38,2010.

KUHN, D. **The Skills of Argument**.New York: Cambridge University, 1991. 319

KUHN, D. Science as Argument: Implications for Teaching and Learning Science Thinking. **Science Education**, v. 77, n. 3, p. 319-337,1993.

LEWIS, J.; LEACH, J. Discussion of socio-scientific issues: the role of science knowledge. **International Journal of Science Education**, v. 28, n. 11, p. 1267-1287,2006.

MARTINS, I.; OGBORN, J.; KRESS, G. Explicando uma explicação. **Ensaio**, v. 01, n. 01, p. 2-14,1999.

MCNEILL, K. L. Elementary Students' Views of Explanation, Argumentation, and Evidence, and Their Abilities to Construct Arguments Over the School Year. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 48, n. 7, p. 793-823,2011.

MENDONÇA, P. C. C. **Influência de Atividades de Modelagem na Qualidade dos Argumentos de Estudantes de Química do Ensino Médio**. 2011. Doutorado,Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

MENDONÇA, P. C. C.; JUSTI, R. Favorecendo o aprendizado do modelo eletrostático: Análise de um processo de ensino de ligação iônica fundamentado em modelagem - Parte II. **Educación Química**, v. 20, n. 3, p. 373-382,2009.

MENDONÇA, P. C. C.; JUSTI, R. Contributions of the 'model of modelling' diagram to the learning of ionic bonding: analysis of a case study. **Research in Science Education**, v. 41, p. 479-503,2011.

MENDONÇA, P. C. C.; JUSTI, R. An Instrument for Analyzing Arguments Produced in Modeling-based Teaching Contexts. **Journal of Research in Science Teaching**,Submetido.

MORRISON, M.; MORGAN, M. S. Models as mediating instruments. In: MORRISON, M. e MORGAN, M. S. (Ed.). **Models as mediators**. Cambridge: Cambridge University Press., 1999.p.10-37.

MOZZER, N. B.; QUEIROZ, A. S.; JUSTI, R. Proposta de ensino de introdução ao tema interações intermoleculares via modelagem. In: VI Encontro de Pesquisa em Educação em Ciências. Florianópolis, 2007. MORTIMER, E. PINHO ALVES, J. (Orgs.) **Atas...** Florianópolis:ABRAPEC, 2007. (CD-ROM).

NASCIMENTO, S. S.; PLANTIN, C. **Argumentação e Ensino de Ciências**. Curitiba: CRV, 2009.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **A Framework For K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas**. Washington, D. C.: National Academy of Sciences, 2012.

NERSESSIAN, N. J. How do Scientists Think? Capturing the Dynamics of Conceptual Change in Science. In: GIERE, R. N. (Ed.). **Cognitive Models of Science**. Minneapolis: University of Minnesota Press, 1992.p.3-44.

NERSESSIAN, N. J. Model-Based Reasoning in Conceptual Change. In: MAGNANI, L.; NERSESSIAN, N. J., *et al* (Ed.). **Model-Based Reasoning in Scientific Discovery**. New York: Kluwer and Plenum Publishers, 1999.p.5-22.

NERSESSIAN, N. J. The cognitive basis of model-based reasoning in science. In: CARRUTHERS, P.; STICH, S., *et al* (Ed.). **The cognitive basis of science**. New York: Cambridge, 2002.

NEWTON, P.; DRIVER, R.; OSBORNE, J. The place of argumentation in the pedagogy of school science. **International Journal of Science Education**, v. 21, n. 5, p. 553-576,1999.

OSBORNE, J. Towards a more social pedagogy in science education: the role of argumentation. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 7, n. 1, p. 1-17,2007.

OSBORNE, J.; ERDURAN, S.; SIMON, S. Enhancing the Quality of Argumentation in School Science. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 41, n. 10, p. 994-1020,2004a.

OSBORNE, J.; ERDURAN, S.; SIMON, S. **Ideas, Evidence and Argumentation in Science (IDEAS) Project**. London: King's College London, 2004b.

OSBORNE, J.; PATTERSON, A. Scientific Argument and Explanation: A Necessary Distinction? **Science Education**, v. 95, n. 2, p. 627-638,2011.

OSBORNE, J.; PATTERSON, A. Authors' Response to "For Whom is Argument and Explanation a Necessary Distinction? A Responde to Osborne and Patterson" by Berland and McNeill. **Science Education**, v. 96, n. 5, p. 814-817,2012.

OZDEM, Y.; ERTEPINAR, H.; CAKIROGLU, J.; ERDURAN, S. The Nature of Pre-service Science Teachers' Argumentation in Inquiry-oriented Laboratory Context. **International Journal of Science Education**, v. DOI. 10.1080/09500693.2011.611835,2011.

PASSMORE, C.; SVOBODA, J. Exploring Opportunities for Argumentation in Modelling Classrooms. **International Journal of Science Education**, v. 34, n. 10, p. 1535-1554,2011.

PERELMAN, C.; OLBRECHTS-TYTECA, L. **Tratado de Argumentação**. São Paulo: Martins Fontes, 2002.

QUEIROZ, A. S.; SÁ, L. P. O Espaço para a Argumentação no Ensino Superior de Química. **Educación Química**, v. 20, n. 2, p. 104-110,2009.

- RYU, S.; SANDOVAL, W. A. Improvements to Elementary Children's Epistemic Understanding From Sustained Argumentation. **Science Education**, v. 86, n. 3, p. 488-526,2012.
- SÁ, L. P.; QUEIROZ, A. S. Argumentação no Ensino de Ciências: Contexto Brasileiro. **Ensaio**, v. 23, n. 2, p. 13-30,2011.
- SÁ, L. P.; QUEIROZ, S. L. Promovendo a argumentação no ensino superior de química. **Química Nova**, v. 30, p. 2035-2042,2007.
- SAMPSON, V.; CLARK, D. Assessment of the Ways Students Generate Arguments in Science Education: Current Perspectives and Recommendations of Future Directions. **Science Education**, v. 92, n. 3, p. 447-472,2008.
- SANDOVAL, W. A. Understanding Student's Practical Epistemologies and Their Influence on Learning Through Inquiry. **Science Education**, v. 89, n. 4, p. 634-656,2005.
- SANDOVAL, W. A.; MILLWOOD, K. A. What Can Argumentation Tell Us About Epistemology? In: ERDURAN, S. e JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. (Ed.). **Argumentation in Science Education: Perspectives from Classroom-Based Research**. Dordrecht: Springer, 2008.p.71-90.
- SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Construindo argumentação na sala de aula: a presença do ciclo argumentativo, os indicadores de alfabetização científica e o padrão de Toulmin. **Ciência & Educação**, v. 17, p. 97-114,2011.
- SILVA, A. P. S.; MUNFORD, D. Possibilidades do uso da perspectiva pragma-dialética no estudo da argumentação no ensino de ciências. In: XV Encontro Nacional de Didática e Prática de Ensino. Belo Horizonte, 2010. DALBEN, A. L. I. F., PEREIRA, J. E. D., SANTOS, L. C. C. P. **Atas...** Belo Horizonte:ENDIPE, 2010. (CD-ROM).
- SIMONNEAUX, L. Argumentation in Socio-Scientific Contexts. In: ERDURAN, S. e JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. (Ed.). **Argumentation in Science Education: Perspectives from Classroom-Based Research**. Dordrecht: Springer, 2008.p.179-200.
- TAVARES, M. L.; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; MORTIMER, E. F. Articulation of Conceptual Knowledge and Argumentation by High School Students in Evolution Problems. **Science & Education**, v. 19, n. 6-8, p. 573-598,2010.
- TEACHING AND LEARNING RESEARCH PROGRAMME. **Science education in schools - Issues, evidence and proposals**. London: The Association for Science Education, 2006.
- TOULMIN, S. **The uses of Argument**. New York: Cambridge University Press, 1958.
- VIEIRA, R. D.; NASCIMENTO, S. S. Uma proposta de critérios marcadores para identificação de situações argumentativas em salas de aula de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 26, n. 1, p. 81-102,2009.
- van EEMEREN, F. H.; GROOTENDORST, R.; HENKEMANS, F. S.; BLAIR, J. A.; JOHNSON, R. H.; KRABBE, E. C. W.; PLANTIN, C.; WALTON, D. N.; WILLARD, C. A.; WOODS, J.; ZAREFSKY, D. **Fundamentals of argumentation theory: A handbook of historical backgrounds and contemporary developments**. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum, 1996.
- von AUSCHNAITER, C.; ERDURAN, S.; OSBORNE, J.; SIMON, S. Arguing to learn and learning to argue: Case studies of how students' argumentation relates to their

scientific knowledge. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 45, n. 1, p. 101-131,2008.

WALTON, D. N. **Lógica Informal: manual de informação crítica**.São Paulo: Martins Fontes, 2006.

WALTON, D. N.; REED, C.; MACAGNO, F. **Argumentation Schemes**.Cambridge: Cambridge University Press, 2008.

WENZEL, J. W. Three Perspectives on Argument: Rhetoric, Dialectic, Logic. In: TRAPP, R. e SCHUETZ, J. (Ed.). **Perspectives of argumentation: Essays in honour of Wayne Brockriede**. New York: Waveland, 1990.p.9-26.

WINDSCHITL, M.; THOMPSON, M. B.; BRAATEN, M. Beyond the scientific method: Model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations **Science Education**, v. 92, n. 5, p. 941-967,2008.

ZEIDLER, D. L. The Central Role of Fallacious Thinking in Science Education. **Science Education**, v. 81, n. 4, p. 483-496,1997.

ZOHAR, A. **Higher Order Thinking in Science Classrooms: Student's Learning and Teacher's Professional Development**.Dordrecht: Kluwer, 2004.

ZOHAR, A.; NEMET, F. Fostering Student's Knowledge and Argumentation Skills Through Dilemmas in Human Genetics. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 39, n.1, p.35-62, 2002.

Submetido em setembro de 2012, aceito em fevereiro de 2013.