

TATIANA COSTA RAMOS

**INFLUÊNCIA DA CRIAÇÃO E CRÍTICA DE ANALOGIAS POR
ESTUDANTES DE QUÍMICA DO ENSINO MÉDIO NA PROMOÇÃO DE
INTERAÇÕES ARGUMENTATIVAS**

OURO PRETO, 2017

TATIANA COSTA RAMOS

**INFLUÊNCIA DA CRIAÇÃO E CRÍTICA DE ANALOGIAS POR
ESTUDANTES DE QUÍMICA DO ENSINO MÉDIO NA PROMOÇÃO DE
INTERAÇÕES ARGUMENTATIVAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação do Departamento de Educação da Universidade Federal de Ouro Preto, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Educação.

Linha de Pesquisa: Práticas Educativas, Metodologias de Ensino e Tecnologias da Educação (PEMETE)

Orientadora: Profa. Dra. Paula Cristina Mendonça

Co-orientadora: Profa. Dra. Nilmara Braga Mozzer

Ouro Preto

2015

R175i

Ramos , Tatiana Costa.

Influência da criação e crítica de analogias por estudantes de química do ensino médio na promoção de interações argumentativas [manuscrito] / Tatiana Costa Ramos . - 2017.

vii, 179f.: il.: color; tabs.

Orientador: Prof. Dr. Paula Cristina Cardoso Mendonça.

Coorientador: Prof. Dr. Nilmara Braga Mozzer.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Ouro Preto. Instituto de Ciências Humanas e Sociais. Departamento de Educação. Programa de Pós-Graduação em Educação.

Área de Concentração: Educação.

1. Ensino de química. 2. Analogias. 3. Argumentação. 4. Modelos atômicos. I. Mendonça, Paula Cristina Cardoso. II. Mozzer, Nilmara Braga. III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.

CDU: 37.01/.09

Catalogação: www.sisbin.ufop.br



UFOP
Universidade Federal
de Ouro Preto

Tatiana Costa Ramos

“Influencia da criação e crítica de analogias por estudantes de química do ensino médio na promoção de interações argumentativas.”

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Educação da UFOP, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Educação, aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

Profa. Dra. Paula Cristina Cardoso Mendonça (Orientadora)
Universidade Federal de Ouro Preto

Profa. Dra. Nilmara Braga Mozzer (Coorientadora)
Universidade Federal de Ouro Preto

Profa. Dra. Sheila Alves Almeida
Universidade Federal de Ouro Preto

Prof. Dr. Hércules Tolêdo Corrêa
Universidade Federal de Ouro Preto

Profa. Dra. Danusa Munford
Universidade Federal de Minas Gerais

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por ter me dado força e foco para continuar meus estudos mesmo diante dos dolorosos obstáculos que surgiram em minha vida durante esses dois anos.

À minha mãe, que sempre me apoiou e fez tudo que estava ao seu alcance para que eu pudesse atingir meus objetivos. À meu pai (*in memoriam*), meu maior exemplo de força! Foi por você confiar tanto em minha capacidade que eu me senti capaz.

Às minhas queridas orientadoras: Paula e Nilmara. Obrigada por terem sido tão pacientes, atenciosas e dedicadas durante todo o processo de elaboração deste trabalho. Agradeço pela amizade, pelas oportunidades, conselhos e incentivos que me fizeram crescer profissionalmente e pessoalmente. Vocês foram essenciais para a realização deste trabalho.

Ao Alan por ter se tornado meu maior exemplo de profissional da Educação. Agradeço pelos conselhos, pela ajuda, pelo carinho e compreensão nos momentos em que eu precisava me ausentar e, acima de tudo, pelo incentivo e companheirismo.

Aos amigos do grupo de pesquisa “Práticas Científicas e Educação em Ciências” por todos os conselhos, pelas leituras atentas e contribuições. Em especial, agradeço à Gabi Leone, por ter compartilhado e me incentivado durante os momentos de angústia e ansiedade ao decorrer da pesquisa.

Aos estudantes das escolas pesquisadas e às professoras por terem aceitado participar da pesquisa.

Aos professores Danusa Munford, Sheila Alves e Hércules Toledo de Almeida por terem, gentilmente, aceitado compor a banca de avaliação dessa dissertação. Em especial, agradeço à Danusa Munford e Sheila Alvez pelas contribuições no exame de qualificação.

Finalmente, agradeço aos órgãos de fomento CNPq, FAPEMIG e CAPES pelo apoio financeiro e concessão de bolsa.

RESUMO

As contribuições da argumentação e das analogias na expressão de ideias dos estudantes, no entendimento conceitual e na negociação de significados são aspectos destacados nas pesquisas que discutem essas práticas epistemológicas no Ensino de Ciências. Destacam também que, desenvolvimento de ambientes que favoreçam a argumentação em sala de aula demandam condições favoráveis para que os estudantes tenham oportunidades de se envolverem em processos dialógicos de comunicação. Neste trabalho, partimos da hipótese de que a criação e crítica de analogias pelos estudantes poderia propiciar o desenvolvimento desses ambientes. Nesse sentido, o objetivo do presente trabalho é analisar *se* e *como* a criação de analogias pelos estudantes pode fomentar ambientes argumentativos. Desenvolvemos uma Unidade Didática (UD) sobre os modelos atômicos de Dalton e Thomson que visa estimular ambientes argumentativos a partir de textos com informações históricas e solicitações interativas que convidam os estudantes a auxiliar os cientistas Dalton e Thomson na comunicação de suas ideias a partir da criação de analogias. A pesquisa foi realizada em uma escola da rede pública e a coleta de dados ocorreu em uma turma de primeiro ano do ensino médio. A UD foi desenvolvida em 10 horas/aulas, todas elas foram registradas em áudio e vídeo, sendo que a pesquisadora atuou como participante do cenário de ensino. Para a análise de dados assistimos todos os vídeos e transcrevemos os momentos em que ocorreram interações comunicativas. Posteriormente, selecionamos as interações argumentativas, e para tal utilizamos o modelo de possibilidades de interações argumentativas do autor Baker. Desenvolvemos um estudo de caso para um dos grupos de estudantes da turma pesquisada. O estudo indicou que a criação e crítica de analogias pelos estudantes favoreceu a argumentação deles na medida em que eles buscavam por comparações que expressassem de forma coerente os conceitos científicos. Isso porque, para selecionar as comparações eles buscavam por informações no texto, com os pares e com a professora/pesquisadora sobre o conceito para argumentar contra ou a favor das mesmas. As interações argumentativas vivenciadas pelos estudantes permitiram a construção de ideias e representações cada vez mais coerentes sobre os conceitos estudados. Percebemos que as explicações co-construídas nos processos argumentativos também foram importantes na aprendizagem dos estudantes porque elas permitiam que a professora e a pesquisadora acessassem as ideias deles e agissem no sentido de (re)orientar aquelas visões. Observamos que os fundamentos dos argumentos dos estudantes eram influenciados pelo tipo de comparação que era estabelecida por eles. Isso porque, quando os estudantes elaboravam comparações que permitiam inferir correspondências de relações de similaridade entre os dois domínios, seus argumentos eram fundamentados em justificativas baseadas em conhecimentos mais abstratos sobre o conceito alvo, expressando um melhor entendimento sobre o mesmo. Finalmente, ressaltamos que o modelo e as proposições do autor Baker sobre argumentação demonstraram ser potencialmente úteis na análise da argumentação e da aprendizagem dos estudantes em nosso contexto de ensino, por isso julgamos que tal referencial possa ser produtivo em outros contextos que objetivam analisar a argumentação na perspectiva social de aprendizagem.

ABSTRACT

Several authors highlight the contributions of argumentation and analogies in the expression of students' ideas and in the negotiation of meanings in science education. For the development of environments that support the arguments in the classroom is necessary to develop favorable conditions for students to have opportunities to become involved in dialogic processes of communication. In this paper, we set out the hypothesis that the creation and critique of analogies by students could promote the development of these environments. In this sense, the objective of this study is to analyze if and how the creation of analogies by students can promote argumentative environments. We develop a Didactic Unit (DU) about the atomic models of Dalton and Thomson, which aimed to stimulate argumentative environments from texts with historical information and interactive requests that invited students to assist the scientist in the communication of your idea from the creation of analogies. The survey was conducted in a public school and data collection occurred in a class of first year of high school. The DU was developed in 10 hours/classes, all of them were recorded in audio and video, and the researcher was the participant observer. For the data analysis, we have seen all the videos and we transcribe the times when there were communicative interactions. Subsequently, we select the argumentative interaction, by using the model of argumentative interaction possibilities of author Baker. We develop a case study for one of the students groups in the class. The study indicated that the creation and critique of analogies by students favored their arguments when they sought by comparisons to express coherently the concepts. This occurred because, to select the comparisons they were seeking for information about the concept to argue against or favorable of the same. The argumentative interaction experienced by students led to the construction of ideas and more consistent representations about scientific concepts. We realize that the explanations co-constructed in argumentative processes were also important in students learning. We observed that the fundamentals of students' arguments were influenced by the type of comparison that was established by them. This occurred because, when students made comparisons that allowed inferences of similarity relations between the two domains, they presented arguments based on more abstract knowledge about the target concept, expressing a better understanding about it. Finally, we emphasize that the model and the author's propositions Baker about argument demonstrated potentially be useful in analysis of reasoning and learning of the students in our educational context. Therefore, we believe that such a reference can be productive in other contexts that aim to analyze the argument on social learning perspective.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE QUADROS.....	vii
Capítulo 1. Introdução	1
1.1 Situando a investigação na área de Ensino de Ciências	1
1.2 Estrutura da dissertação.....	6
Capítulo 2. Revisão da literatura	7
2.1 Argumentação na Ciência e no Ensino de Ciências.....	7
2.1.1 Interação argumentativa, argumento e argumentação: definições segundo Baker (2009)	11
2.1.2 O que e como os estudantes podem aprender a partir das interações argumentativas	14
2.1.3 Explicação versus argumento: compreendendo um pouco mais o processo argumentativo.....	16
2.2 Analogias na Ciência e no Ensino de Ciências.....	20
2.2.1 Breve retrospectiva da utilização de analogias.....	20
2.2.2 O uso das analogias no contexto científico	20
2.2.3 O uso das analogias no contexto de ensino.....	25
2.3 Analogias e argumentação no ensino de ciências	29
Capítulo 3. Objetivos da Pesquisa.....	31
Capítulo 4. Aspectos metodológicos da pesquisa	32
4.1 Caracterização geral da pesquisa.....	32
4.2 Coleta de dados e amostra	34
4.2.1 Caracterização da amostra	37
4.2.2 Metodologia de coleta de dados.....	37
4.2.3 Contexto de coleta de dados: Unidade Didática.....	39

4.3 Metodologia de análise dos dados	46
4.3.1 As Interações argumentativas e as Explicações	48
4.3.2 Tipologia das comparações.....	52
Capítulo 5. Resultados e discussões	55
5.1 Análise das interações argumentativas.....	55
5.1.1 Interação argumentativa 1.....	55
5.1.2 Interação argumentativa 2.....	60
5.1.3 Interação argumentativa 3.....	71
5.1.4 Interação argumentativa 4.....	79
5.1.5 Interação argumentativa 5.....	85
5.1.6 Interação argumentativa 6.....	102
5.1.7 Interação argumentativa 7.....	109
5.2 Síntese da análise	114
5.2.1 Ocorrência das interações argumentativas durante os eventos da UD.....	114
5.2.2 Relação dos momentos de criação e revisão de comparações com os tipos de interações argumentativas	117
5.2.3 Evolução do entendimento conceitual dos estudantes: processos argumentativos versus tipos de comparações	121
Capítulo 6. Conclusões e Implicações para o Ensino e a Pesquisa	127
Referências Bibliográficas	140
ANEXOS	146
Anexo 1. Unidade Didática	146

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Processos argumentativos na construção de uma teoria.	8
Figura 2. Possibilidades de interações argumentativas segundo Baker (2009).....	49
Figura 3. Representação da Tese 1	58
Figura 4. Representação tese 1	76
Figura 5. Representação tese 2	76
Figura 6. Relação dos eventos da UD com a ocorrência de interação argumentativa.....	114
Figura 7. Relação dos momentos do raciocínio analógico com o tipo de interação argumentativa	118
Figura 8. Desenvolvimento temporal das ideias dos estudantes sobre o modelo atômico de Dalton ao longo da sequência de ensino	122
Figura 9. Desenvolvimento temporal das ideias dos estudantes sobre o modelo atômico de Thomson ao longo da sequência de ensino	123

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Exemplo de comparação classificada como mera aparência	53
Quadro 2. Exemplo de comparação classificada como similaridade literal	53
Quadro 3. Exemplo de comparação classificada como analogia	54
Quadro 4. Diálogo da interação argumentativa 1	57
Quadro 5. Diálogo da interação argumentativa 2	64
Quadro 6. Representação das correspondências e limitação da tese 1.....	65
Quadro 7. Representação das correspondência da tese 2	67
Quadro 8. Representação da correspondência e limitação da tese 3.....	67
Quadro 9. Diálogo da interação argumentativa 3	75
Quadro 10. Diálogo da interação argumentativa 4	81
Quadro 11. Diálogo da interação argumentativa 5 (parte 1).....	87
Quadro 12. Representação da correspondência da tese 1.....	88
Quadro 13. Representação da correspondência da tese 2.....	88
Quadro 14. Diálogo da interação argumentativa 5 (parte 2).....	91
Quadro 15. Diálogo da interação argumentativa 5 (parte 3).....	98
Quadro 16. Representação da correspondência e limitação da tese 4.....	99
Quadro 17. Representação das correspondências da tese 5.....	101
Quadro 18. Diálogo da interação argumentativa 6	106
Quadro 19. Representação das correspondências e limitações da tese 1	107
Quadro 20. Diálogo da interação argumentativa 7	111

Capítulo 1. Introdução

1.1 Situando a investigação na área de Ensino de Ciências

O processo de ensino e aprendizagem de ciências têm sido cada vez mais pesquisado por diversos autores, em diferentes temáticas, por exemplo, história da ciência, modelagem e representações, argumentação, analogias, etc. (Justi & Mendonça, 2008; Lopes & Martins, 2009; Melo & Neto, 2013; Mozzer & Justi, 2005; Oliveira, Justi, & Mendonça, 2015). Em geral, esses estudos têm como objetivo analisar como diferentes metodologias de ensino podem contribuir para a aprendizagem dos estudantes de ciências.

Tais investigações têm fornecido evidências que apoiam a relevância da inserção dos estudantes em processos de aprendizagem que visam a participação ativa deles na construção do conhecimento (Cachapuz, Gil-Perez, Carvalho, Praia, & Vilches, 2005).

De acordo com essa visão de aprendizagem, para que os estudantes assumam esse papel ativo, é necessário que sejam colocados em situações em que possam explorar, refletir e avaliar alternativas, visando desenvolver seus conhecimentos a partir das informações disponíveis, com base em suas experiências e em conhecimentos prévios (Cachapuz et al., 2005).

Nesse sentido, o conhecimento é co-construído através da interação e comunicação estabelecidas entre os estudantes e seus colegas e com o professor. A partir das interações dialógicas, os estudantes podem discutir e refletir sobre diferentes ideias e pontos de vista e construir conhecimentos em colaboração (Cachapuz et al., 2005). Desse modo, o processo de aprendizagem é visto como um processo de co-elaboração em que os estudantes e professor interagem e contribuem para a aprendizagem uns dos outros a partir da negociação de significados (Baker, 2009).

Tendo em vista a importância da realização de pesquisas que visem a elaboração e análise de estratégias que objetivam essa construção do conhecimento através da interação, pelos estudantes de ciências, nesse trabalho apostamos no *desenvolvimento de ambientes argumentativos a partir da criação e crítica de analogias pelos estudantes* com a intenção de fomentar ambientes de aprendizagem que viabilizam as relações entre os novos conceitos e algo já familiar por meio da comunicação.

Apostamos no desenvolvimento desses ambientes, porque acreditávamos que através da criação e crítica de analogias os estudantes poderiam se expressar e se comunicar a partir de um domínio familiar, das relações de similaridade que seriam estabelecidas entre este e o domínio alvo (conceitos científicos) e da avaliação crítica dessas relações. Assim, nossa hipótese era que processos argumentativos poderiam ser gerados durante as discussões das comparações, sendo que os estudantes poderiam reconhecer as evidências que fundamentariam os conceitos e se posicionar de forma crítica sobre as comparações elaboradas para desenvolvimento de seus conhecimentos.

As analogias são apontadas por diversos pesquisadores das áreas de Psicologia Cognitiva e Ensino de Ciências (por exemplo, Clement, 2008; Glynn, 2008; Justi & Gilbert, 2006; Mozzer & Justi, 2015; Nersessian, 1992) como um recurso potencialmente útil em tornar aquilo que é desconhecido pelos sujeitos, conhecido a eles. Isso porque, para se entender algo novo (novo conceito) é comum se estabelecer relações com algo já conhecido (conceito familiar). Tais relações podem favorecer a atribuição de significados aos fenômenos científicos por meio das abstrações e inferências que possibilitam àquele que raciocina analogicamente (Mozzer & Justi, 2015; Nersessian, 2008).

A criação de ambientes argumentativos também tem sido apontada como uma estratégia favorável à construção do conhecimento (por exemplo, Cross, Taasobshirazi, Hendricks, & Hickey, 2008; Duschl & Osborne, 2002; Jiménez-Aleixandre, 2010; Justi, 2006; Newton, Driver, & Osborne, 1999). Isso porque, o processo dialógico que ocorre quando os sujeitos argumentam sobre suas ideias baseados em evidências e justificativas e oferecem refutações às ideias de forma fundamentada, colabora para uma aprendizagem mais significativa dos conceitos científicos.

O potencial da argumentação está, especialmente, no fato das práticas argumentativas possibilitarem o desenvolvimento de opiniões independentes a partir da discussão sobre as observações, fatos, experiências ou sinais com os quais podemos comprovar que uma afirmação é verdadeira ou falsa (Jiménez-Aleixandre, 2010). Isso porque, atividades que envolvem defesa de opinião, persuasão a outros indivíduos sobre sua opinião, avaliação de pontos de vista diferentes e refutação de ideias são comuns em ambientes argumentativos. Desse modo, além da sala de aula, essas práticas podem ser eficientes em contextos sociais nos quais os indivíduos devem se posicionar, ter opinião própria e refletir sobre a realidade

(Cross et al., 2008). Nesse sentido, é importante destacar que, para o desenvolvimento de ambientes argumentativos, além de os estudantes ouvirem explicações de especialistas (como por exemplo, professores e livros didáticos), eles também precisam articular questões e participar do discurso de sala de aula, utilizando suas próprias ideias. A partir daí, surge a necessidade de se planejar estratégias eficazes para que a argumentação possa ocorrer em salas de aula de ciências.

Oliveira et al.(2015) ressaltam que um dos desafios dos trabalhos na área de ensino de ciências é investigar condições favoráveis para criação de ambientes argumentativos. Algumas estratégias vêm sendo utilizadas com o objetivo de se promover esses ambientes e têm produzido resultados positivos. Dentre essas estratégias, destacamos: atividades investigativas (Ferraz & Sasseron, 2013), atividades de modelagem (Bottcher & Meisert, 2010; Mendonça & Justi, 2013b), júri simulado, desempenho de papéis e debates sobre questões sócio científicas e envolvendo a história da ciência (Justi & Mendonça, 2016; Patronis, Potari, & Spiliotopoulou, 1999; Sadler & Zeidler, 2005). Isso porque, essas estratégias proporcionam aos estudantes oportunidades de discutirem, se posicionarem e refletirem sobre suas próprias ideias e sobre a produção das ideias científicas no desenvolvimento da ciência. Além disso, essas estratégias, quando envolvem discussão a partir de grupos de estudantes e entre estudantes e o professor (Driver, Newton & Osborne, 1998; Duschl & Osborne, 2002; Berland & Reiser, 2008), têm demonstrado resultados satisfatórios, pois a comunicação estabelecida durante esse processo, influencia na manifestação de opiniões divergentes, favorecendo a ocorrência de situações argumentativas nas quais os estudantes e o professor precisam apoiar suas opiniões baseando-se em evidências e apresentando justificativas.

Além das estratégias destacadas anteriormente, Emig, McDonald, Zembal-Saul e Strauss (2014) desenvolveram um trabalho, no qual as analogias foram utilizadas com o objetivo de promover ambientes favoráveis à argumentação no ensino de física. Os autores perceberam que uma das formas de se estimular a argumentação em sala de aula é através da comparação de cenários análogos (situações, objetos, fenômenos etc., que apresentam relações de similaridade com o conceito alvo).

Os cenários análogos utilizados por Emig et al. (2014) foram as “máquinas simples” (por exemplo: alavancas, polias, planos inclinados e engrenagens) empregadas na intenção de

trabalhar conceitos da física (por exemplo: força de resistência). Os autores chamam as máquinas simples de cenários análogos, pois embora elas tenham modos de funcionamento e estruturas distintas, todas têm função comum de alterar forças, seja em intensidade e/ou direção e/ou sentido. Nesse ambiente os estudantes foram estimulados a construir suas próprias máquinas através de peças de Lego®¹ disponibilizadas pelo professor. Posteriormente, peças de pesos conhecidos eram elevadas através das máquinas criadas pelos estudantes e aspectos como esforço e força de resistência eram calculados. Em seguida, através dos dados disponíveis, os estudantes eram estimulados a eleger, entre dois desses cenários, aquele que melhor explicava determinado conceito.

Emig et al. (2014) observaram que essa estratégia de comparação de cenários análogos foi importante para potencializar a ocorrência de interações argumentativas. Isso porque, os estudantes utilizavam os dados para justificar seus pontos de vista e refutar as ideias dos colegas sobre qual seria o melhor análogo para explicar determinado conceito.

Nesse sentido, Emig et al. (2014) destacaram a importância de mais pesquisas para se avaliar o papel das analogias em fomentar a comunicação em grupos de estudantes. As analogias e a argumentação são comumente utilizadas para ajudar na compreensão e comunicação de ideias no âmbito da ciência (Kelly & Duschl, 2002; Nersessian, 1992), como também em interações cotidianas (Brewer, 1996; Dunbar, 2001, apud, Emig, et al. 2014, p. 248). No entanto, conjugar essas práticas epistêmicas² no ensino de ciências não é algo comum. Dessa forma, acreditamos que mais pesquisas que conjuguem analogias e argumentação são necessárias para que se possa analisar o potencial das analogias como promotoras de processos argumentativos.

Os resultados apresentados no trabalho de Emig e colaboradores (2014) nos serviu de apoio para a realização de nossa pesquisa, pois demonstrou o potencial das analogias para estimular a comunicação e argumentação dos estudantes. No entanto, é importante ressaltar que nosso foco de pesquisa se difere do trabalho de Emig et al. (2014), pois pesquisamos sobre *se e como a criação e crítica* de analogias pelos estudantes pode

¹ Brinquedo produzido pelo “LEGO group”, que contém peças de plástico que se encaixam permitindo inúmeras combinações.

² Formas específicas com que membros de uma comunidade inferem, justificam, avaliam e legitimam os conhecimentos ao longo de sua construção (Kelly & Duschl, 2002).

fomentar ambientes argumentativos, diferentemente dos autores, que avaliaram se a *comparação* de cenários análogos estimularia a argumentação.

Acreditamos no potencial da criação e crítica de analogias pelos estudantes para estimular ambientes argumentativos porque nesse processo, diferentemente de casos em que as analogias são apresentadas prontas aos estudantes, as oportunidades deles exporem suas próprias ideias são maiores, sendo, portanto, maior a possibilidade de ocorrerem interações argumentativas. Isso porque, durante a apresentação de uma analogia previamente estruturada o estudante deve se concentrar em compreender as relações (entre o análogo e o alvo) que foram predeterminadas por outra pessoa, diferentemente da situação de criação de analogias, em que o estudante deve se concentrar em aspectos do conceito alvo para a partir de suas próprias ideias estabelecer as relações com o análogo selecionado. Ou seja, no primeiro caso, a explicação científica é fornecida a partir do estabelecimento de relações entre alvo e análogo, enquanto no segundo caso, diferentes explicações podem ser criadas a partir do estabelecimento das relações.

Desse modo, consideramos que o processo de *criação e crítica* de analogias, em que os estudantes precisam defender, revisar e refutar suas próprias analogias, é oportuno para ocorrência de interações argumentativas, porque eles precisam buscar por informações do conceito alvo para fundamentar suas comparações, isto é, precisam sustentar suas ideias. Além disso, durante o processo de criação de analogias os estudantes precisam fazer o levantamento das relações e dos aspectos não comparáveis entre o domínio alvo e análogo. Esse momento pode ser favorável para fomentar a argumentação, devido às justificativas para a seleção do análogo mais adequado para ser comparado com o alvo.

Levando-se em consideração: (i) a potencialidade das analogias e dos ambientes argumentativos em favorecer a expressão de ideias e a negociação e compreensão dos conceitos científicos e (ii) a escassez de pesquisas que conjuguem analogias e argumentação com o foco no potencial da elaboração e crítica de analogias na promoção de ambientes argumentativos; propomos nesse trabalho analisar a *influência de atividades envolvendo criação e crítica de analogias em grupos de estudantes na ocorrência de interações argumentativas e na aprendizagem dos estudantes sobre conceitos da Química*.

1.2 Estrutura da dissertação

Neste capítulo situamos o problema que foi investigado nesta dissertação na área de ensino de ciências e apresentamos ao leitor como ela foi estruturada.

No segundo capítulo apresentamos uma revisão da literatura sobre argumentação na ciência e no ensino de ciências e analogias na ciência e no ensino de ciências. Nele apresentamos o referencial teórico da pesquisa (Baker, 2009), no qual nos baseamos para as definições de argumento e argumentação utilizados na análise.

No terceiro capítulo apontamos o objetivo geral da pesquisa e as questões que nortearam o trabalho.

No quarto capítulo apresentamos a metodologia de pesquisa, os referências que embasaram a caracterização da pesquisa, o contexto da pesquisa (que envolveu a elaboração e desenvolvimento de uma unidade didática (UD)), como ocorreu o processo de coleta de dados e a metodologia de análise de dados empregada.

No capítulo cinco da dissertação apresentamos os resultados da pesquisa juntamente com a discussão dos mesmos. Ao final do capítulo, elaboramos uma síntese com visões gerais sobre a análise de dados afim de discutir as ideias centrais da análise e as questões de pesquisas.

Finalmente, no sexto capítulo, apresentamos as conclusões de nosso trabalho e as implicações do mesmo para o ensino e a pesquisa na área de ensino de ciências.

Capítulo 2. Revisão da literatura

2.1 Argumentação na Ciência e no Ensino de Ciências

A argumentação é uma prática inerente ao trabalho do cientista (Jiménez-Aleixandre, 2010; Mendonça & Justi, 2013a). Como a perspectiva de ensino de ciências adotada nesta pesquisa direciona os estudantes na utilização dessa prática para a construção do conhecimento, precisamos, primeiramente, compreender, de forma geral, como ela é utilizada no contexto científico.

A argumentação científica pode ser compreendida como um processo social de justificativa de conclusões, no qual, a fundamentação das justificativas ocorre a partir da conjugação entre dados e teorias científicas (Jiménez-Aleixandre, 2010; Mendonça & Justi, 2013a).

Ao analisarmos como o conhecimento científico é produzido, baseado nas etapas de produção, avaliação e comunicação do conhecimento, constatamos que a argumentação está presente em todas elas (Kelly & Duschl, 2002). Através da figura 1, apresentada a seguir, podemos observar a presença da argumentação nessas etapas. É possível observar, que a argumentação pode ocorrer quando os cientistas selecionam as evidências a partir dos dados. Nesse processo ocorre a produção do conhecimento, em que o cientista analisa o fenômeno a ser investigado e seleciona as evidências para sustentar os argumentos em defesa de sua ideia, ou seja, seleciona o dado que será utilizado como evidência. A partir dessa seleção, o cuidado será na análise de como elas serão articuladas no argumento para refutar ou confirmar um determinado modelo. Essa defesa de ideia através da argumentação ocorre na etapa de avaliação do conhecimento, em que os cientistas criam modelos e padrões através dos dados e evidências disponíveis e avaliam a pertinência dos mesmos (Driver, Newton, & Osborne, 2000; Mendonça & Justi, 2013a). Na terceira etapa, a argumentação pode ocorrer em torno da análise do melhor modelo para explicar o fenômeno. Ainda, a partir do diagrama da figura 1 é possível notar que o processo argumentativo ocorre na intenção de fundamentar uma explicação (ou teoria) para o fenômeno investigado. Essa etapa pode ocorrer quando os cientistas comunicam e expõem suas teorias e explicações (por exemplo, na elaboração de artigos científicos para periódicos e conferências). Eles também utilizam a argumentação para sustentar suas ideias e persuadir

a comunidade científica (com o objetivo de convencer com suporte em evidências e argumentos de diversos tipos) (Driver et al., 2000; Mendonça & Justi, 2013a).

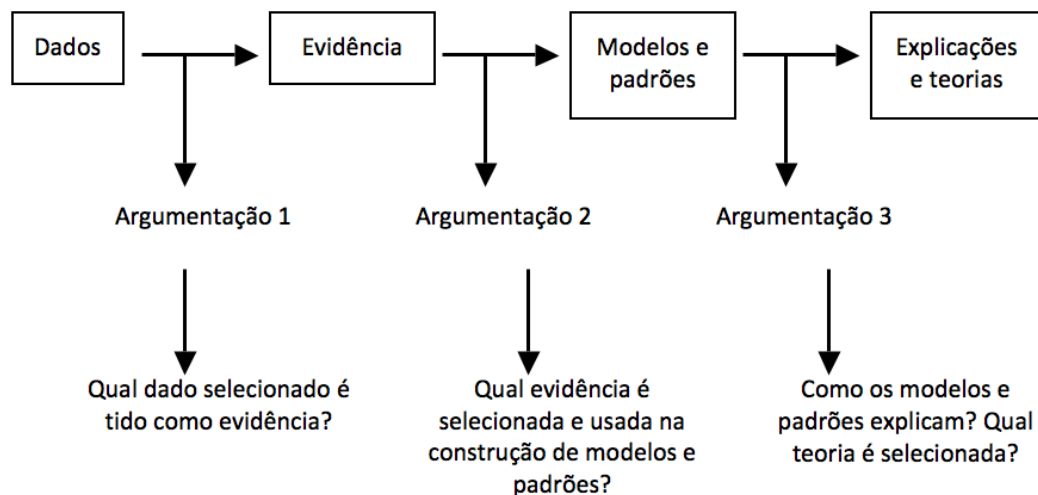


Figura 1. Processos argumentativos na construção de uma teoria.

Fonte: Mendonça e Justi (2013a, p. 197)

Em função da centralidade da argumentação na elaboração de explicações científicas, torna-se relevante que os professores de ciências criem oportunidades para o desenvolvimento de ambientes argumentativos que possibilitem aos estudantes vivenciar processos análogos aos científicos como também compreender as explicações da ciência. Nesse sentido, professores devem dar oportunidades aos estudantes de se envolverem em processos dialógicos de produção do conhecimento (através da comunicação e refutação de ideias) (Berland & Reiser, 2009; Driver et al., 2000; Newton et al., 1999).

Vários pesquisadores (por exemplo, Driver et al., 2000; Duschl & Osborne, 2002; Jiménez-Aleixandre, 2010; Mendonça & Justi, 2013a; Newton et al., 1999) afirmam que a participação dos estudantes em atividades que envolvam argumentação contribui para uma aproximação dos estudantes com as práticas científicas (que inclui os processos de produção, avaliação e comunicação do conhecimento), proporcionando o desenvolvimento de uma imagem mais coerente da ciência. Isso porque, o contato dos estudantes com atividades argumentativas pode contribuir, por exemplo, para compreensão do caráter provisório do conhecimento científico, na medida em que, se discute que as ideias são avaliadas de acordo com as evidências disponíveis em cada momento.

Driver, Newton e Osborne (1999) ressaltam que a visão distorcida do trabalho científico (comum entre estudantes) pode ser incapaz de produzir concepções coerentes sobre a relação entre ciência e sociedade. Por exemplo, as diferentes visões dos cientistas sobre os fertilizantes na agricultura podem levantar questionamentos dos jovens e do público em geral sobre o motivo dos cientistas não entrarem num consenso sobre tal questão. Esse fato pode gerar várias interpretações equivocadas (como por exemplo, acusar os cientistas de não serem idôneos) quando as pessoas acreditam que a ciência é reprodutora de respostas corretas. Dessa forma, os autores afirmam que práticas de sala de aula que dão poucas oportunidades para os jovens desenvolverem a capacidade de construir argumentos faz com que eles não sejam capazes de analisar criticamente as afirmações científicas que confrontam com suas visões cotidianas.

As atividades que envolvem argumentação em sala de aula permitem que os estudantes compreendam alguns tipos de raciocínio utilizados pelos cientistas em seu trabalho (como por exemplo, examinar os dados disponíveis e procurar por evidências, avaliar as alternativas de teste de hipóteses, etc.). Dessa maneira, os estudantes podem abandonar visões ingênuas da ciência como a “descoberta” de algo inusitado, passando a desenvolver pensamentos mais coerentes sobre ciência como aquela que busca alternativas para resolução de problemas da sociedade (Jiménez-Aleixandre, 2010).

Cross, Taasobshirazi, Hendricks e Hickey (2008) ressaltam que estratégias de ensino que favoreçam a argumentação também podem contribuir para o desenvolvimento conceitual dos estudantes, permitindo um entendimento mais claro dos conceitos abordados em sala de aula. Isso porque, segundo os autores, o processo de justificar as afirmativas com base em evidências, possibilita ao estudante oportunidades de compreender os motivos de determinada solução ou modelo ser mais adequado que outro.

A argumentação pode contribuir, inclusive, para o ensino que objetiva capacitar o estudante para o aprendizado permanente, pois, como resalta Jiménez-Aleixandre (2010), a argumentação auxilia o estudante a *aprender a aprender*. Segundo a autora, isso significa que a argumentação pode auxiliar o estudante em seu processo de aprendizagem na medida em que a sequência de pensamento e raciocínio se fazem explícitos em atividades argumentativas. Dessa forma, ao terem oportunidade de tornar explícito, através das linguagens, o processo de avaliar distintas opiniões e apresentar o apoio de afirmações

baseando-se em evidências, o estudante pode se conscientizar dessas ações e se engajar em uma aprendizagem que possibilita a utilização dos conhecimentos adquiridos para aprender em outros contextos.

Além disso, a argumentação pode favorecer o desenvolvimento do pensamento crítico (desenvolver opinião independente, adquirir a capacidade de refletir sobre a realidade e participar dela) e, dessa forma, contribuir para a formação do cidadão responsável (capaz de participar das decisões sociais exercendo uma postura crítica). Dessa maneira, a argumentação é considerada uma das competências essenciais na formação de um estudante, como ressaltado nos documentos norteadores do ensino brasileiro (Brasil, 1999) e americano (NRC, 2012).

Finalmente, é importante ressaltar que, assim como afirmam Mendonça e Justi (2013), para fins de pesquisas direcionadas à avaliar a relação entre argumentação e aprendizagem, é necessário ter clareza sobre o foco da análise: o indivíduo ou o coletivo. Isso porque, a partir dessa definição, os pesquisadores podem se filiar a visões de aprendizagem, adotar instrumentos mais adequados para análise dos argumentos e elaborar instrumentos para coleta de dados que sejam mais coerentes. Segundo as autoras, tal aspecto é essencial porque pode ser incoerente, por exemplo, analisar habilidades argumentativas dos sujeitos via entrevistas individuais e comparar com a argumentação social num processo de aprendizagem colaborativa em sala de aula.

Em nosso trabalho, investigamos a aprendizagem a partir do âmbito coletivo da sala de aula, no qual os estudantes trabalham em colaboração e a construção do conhecimento é dependente de aspectos interacionais socialmente construídos. Nesse sentido, compreendemos a ciência, a educação em ciências e a pesquisa nesse campo, como atividades sociais humanas conduzidas dentro de estruturas institucionais e culturais, no qual os processos de ensino e aprendizagem encontram-se diretamente ligados ao contexto sociocultural em que encontram-se os educadores e educandos. Portanto, o interesse, a motivação em aprender com a ciência e a pré-disposição para compreender determinados conceitos vai depender das crenças comunitárias, das identidades aceitáveis e das consequências para a vida do estudante dentro e fora da escola (Lemke, 2001).

A partir dessa perspectiva, nos filiamos as definições do autor Baker (2009) e utilizamos o modelo produzido por ele para análise da argumentação no contexto de sala de aula, pois esse autor vislumbra a argumentação a partir de situações coletivas e através de relações interpessoais. Sabemos que existem outros autores que tratam da argumentação no âmbito coletivo, mas as definições de Baker (2009) nos trouxeram maior apoio para analisar as interações em sala de aula porque o autor trata de aspectos específicos desse contexto. Desse modo, apresentamos a seguir os fundamentos sobre o processo argumentativo a partir das visões do autor.

2.1.1 Interação argumentativa, argumento e argumentação: definições segundo Baker (2009)

Em sala de aula é comum os estudantes serem colocados diante de problemas de ordem prática para que eles possam, através da interação, encontrarem soluções para aqueles problemas. Os problemas de ordem prática são aqueles que estão inseridos nas práticas sociais como por exemplo, decidir qual política energética adotar, ou mesmo resolver problemas matemáticos em sala de aula. Apesar da nomenclatura “prático” esses problemas não se restringem a apenas ações físicas tais como consertar algo (Baker, 2009).

Para Baker (2009), quando esses problemas de ordem prática são resolvidos em conjunto pode-se gerar um novo tipo de problema. Isso porque, para o autor, durante a resolução de problemas em conjunto os estudantes podem sugerir diversas soluções e apresentarem opiniões divergentes, gerando um tipo de problema que Baker (2009) denomina *interlocutionary*³. Para esse autor, os problemas desse tipo requerem uma decisão em conjunto ou uma combinação de soluções para resolvê-lo.

Nesse sentido, Baker (2009) acredita que existem três possíveis maneiras de se resolver os problemas do tipo *interlocutionary*. A primeira possibilidade é quando as pessoas são complacentes e preferem aceitar as opiniões divergentes sem discussão, com a intenção de agradá-las ou simplesmente porque talvez a pessoa tenha o sentimento de que a questão não é suficientemente relevante para ser discutida. A segunda possibilidade são casos em que as pessoas se restringem a uma simples troca de opiniões divergentes do tipo “não, não

³Optamos por não traduzir o termo *interlocutionary* para a língua portuguesa, pois não encontramos uma tradução adequada para o mesmo nessa língua. Portanto, para sermos mais fidedignos com as ideias do autor utilizaremos o termo *interlocutionary* da língua inglesa.

é” ou “sim, é”. Neste caso, o autor ressalta que o problema do tipo *interlocutionary* não é satisfatoriamente resolvido. A terceira e última possibilidade refere-se a situações em que as pessoas expressam informações adicionais, fundamentam suas opiniões relativa ao problema, analisam a coerência do conjunto de informações e os raciocínios expressos por opiniões divergentes, para posteriormente, se decidirem sobre a resolução do problema.

Nessa terceira situação, em que o grau de aceitabilidade da solução do problema é influenciado diretamente por informações adicionais, e, na qual, a solução para o problema é construída em colaboração entre as pessoas, ocorre o que Baker (2009) denomina de *interação argumentativa*. O autor afirma que as interações argumentativas podem ser definidas como *tentativas para decidir sobre soluções alternativas*.

Nesse sentido, os *argumentos* são as informações que são enunciadas e que alteram o grau de aceitabilidade das soluções dos problemas. Essas informações podem provir de uma variedade de fontes, incluindo vida cotidiana, escolaridade anterior e a partir da própria situação de resolução de problemas, caso em que os argumentos podem corresponder as "bases" em que os estudantes inicialmente propuseram as soluções. Portanto, a produção de um argumento envolve a procura de informações adicionais para a questão que está sendo discutida e a informação torna-se um argumento quando a mesma influencia na aceitabilidade ou na rejeição da solução (Baker, 2009).

Desse modo, a argumentação é um recurso para *comunicar e auxiliar o estudante a reconhecer a plausibilidade de alguma solução para um problema – do tipo interlocutionary –, após ter dado a ele os fundamentos (informações) necessários para fazê-lo* (Baker, 2009).

Baker (2009) afirma que além dos problemas de ordem prática que são apresentados em sala de aula e que podem dar origem a problemas do tipo *interlocutionary*, os próprios problemas desse tipo também podem ser apresentados aos estudantes para que sejam discutidos em conjunto. Nesses dois casos, os estudantes podem se envolver em interações do tipo argumentativa quando propõem soluções na tentativa de resolver o problema.

É importante ressaltar que o objetivo de colocar os estudantes diante de um problema não é simplesmente para que eles encontrem soluções para o mesmo, mas para que eles possam construir novos conhecimentos durante a resolução daquele problema. Isso porque, durante a busca de soluções eles são incentivados a levar em consideração as informações e os

argumentos que aparecem ao longo do processo de resolução. Nesses casos em que o conhecimento é construído através de interações verbais entre indivíduos, o processo pelo qual isso é alcançado, é denominado *construção social do conhecimento* (Perret-Clermont 1979, apud Baker, 2009).

Sabemos que a expressão “construção social do conhecimento” pode ser utilizada e conceituada a partir de diferentes perspectivas. No entanto, não iremos aprofundar nessas discussões, pois esse não é o foco principal do nosso trabalho. Apesar disso, julgamos necessário apresentar o posicionamento de Baker (2009) sobre a construção social do conhecimento para compreendermos mais sobre como as interações argumentativas podem favorecer a aprendizagem.

Baker (2009) acredita que o termo construção envolve a co-elaboração e a co-construção e o nível social envolverá tanto aspectos cognitivos quanto aspectos sociais. Nesse sentido, a aprendizagem é vista como um processo que ocorre no grupo e não como um processo isolado do indivíduo. Portanto, Baker (2009) afirma que o conhecimento, no contexto da interação, pode ser entendido como algo que os indivíduos do grupo aceitam mutuamente em vez de um ponto de vista puramente normativo. Resumidamente, para Baker (2009) a “construção social do conhecimento” refere-se a co-elaboração, a apropriação mútua que é aceita através de diálogos com a intenção de cooperação para resolver problemas. Nesse trabalho, nos filiamos a essa concepção do autor, no qual a construção do conhecimento se dá como um processo de co-elaboração.

Baker (2009) propôs um modelo que apresenta possibilidades de interações argumentativas buscando entender mais sobre a construção social do conhecimento pelos estudantes e as interações argumentativas que podem ocorrer no contexto de sala de aula. Esse modelo será apresentado na seção 4.3.1 do capítulo 4 em função da adaptação do mesmo para análise dos dados obtidos nesta pesquisa.

Mesmo diante das considerações de Baker (2009) sobre a construção social do conhecimento no contexto das interações argumentativas, acreditamos que aspectos sobre *como* e o *que* o estudante pode aprender a partir delas ainda não encontram-se bem definidos. Portanto, a seção a seguir se destina a esclarecer mais sobre esses aspectos.

2.1.2 O que e como os estudantes podem aprender a partir das interações argumentativas

O objetivo pedagógico de colocar os estudantes para resolverem problemas pode ser definido em termos das habilidades que eles podem desenvolver durante esse processo de resolução. Em outras palavras, quando nos questionamos sobre *o que* os estudantes podem aprender a partir das interações argumentativas devemos voltar nosso olhar para as habilidades que eles podem desenvolver durante esse processo.

Ao se envolver em interações argumentativas os estudantes podem desenvolver habilidades como: saber se posicionar durante a defesa ou rejeição de um ponto de vista, expressar-se de forma clara e convincente em uma discussão, avaliar as informações, formular argumentos, contra argumentar, entre outras (Baker, 2009). Além dessas habilidades, a interação argumentativa permite que o estudante vá além de questionamentos sobre “o que é certo ou errado?”. Isso porque, durante a resolução de problemas os estudantes podem aprofundar e refinar suas compreensões quando discutem diferentes pontos de vista, argumentos e questionamentos (Baker, 2009).

Baker (2009) divide os processos de aprendizagem em três classes: mudança de opinião, negociação de significados e expressão de argumentos de forma a nos possibilitar perceber *como* os estudantes podem aprender a partir das interações argumentativas. Cada uma dessas classes será discutida separadamente a seguir.

Mudança de opinião

A aprendizagem a partir da mudança de opinião ocorre quando os estudantes, ao discutirem sobre a melhor solução para a resolução do problema, aceitam mutuamente aquela solução que melhor é fundamentada e defendida e, nesse caso, ocorre a mudança de opinião que Baker (2009), resumidamente, denomina *defesa-aceitação*. Outro caso de aprendizagem através da mudança de opinião ocorre quando a solução previamente considerada é refutada de forma convincente e os estudantes passam a não aceitar mutuamente aquela solução, esse tipo de mudança de opinião é chamado por Baker (2009) de *refutação-rejeição*.

É importante ressaltar que nem sempre aquela solução considerada mutuamente é de fato rejeitada ou aceita por todos os estudantes. Isso porque algumas vezes, por razões relacionadas a dinâmica do debate, um estudante pode ser obrigado a aceitar ou rejeitar a

solução sem necessariamente acreditar nela. Todavia, Baker (2009) ressalta que através da análise dos diálogos subsequentes pode ser possível analisar se o estudante de fato alterou suas ideias. Além disso, caso ocorra situações em que o estudante aceite ou rejeite uma solução sem refletir sobre ela é possível observar se posteriormente eles buscam informações adicionais – inclusive através do professor – para auxiliá-los na fundamentação e/ou alteração de suas ideias.

Portanto, as soluções que os estudantes produzem, aceitam e rejeitam podem ser influenciadas pela argumentação, mas seus diálogos precisam ser atentamente analisados a fim de determinar se essas soluções realmente expressam as ideias dos estudantes. Além disso, para os estudantes em situações de aprendizagem colaborativa pode parecer mais fácil rejeitar ou aceitar uma solução ao invés de fornecer um argumento para colaborar com a discussão.

Negociação de significados

A negociação de significados é parte integrante da interação argumentativa, pois a interação cria um contexto que obriga a uma reflexão e a negociação de significado de perguntas, soluções, argumentos e pontos de vista. A aprendizagem a partir da negociação ocorre em casos, como por exemplo, quando os estudantes são levados a reformular suas ideias e suas teses após serem questionados e/ou quando suas ideias são refutadas. Outro caso comum de negociação de significados pode ocorrer quando os estudantes precisam combinar diferentes soluções disponíveis para fundamentar seus argumentos, pontos de vista e seus posicionamentos. No entanto, tal como ocorre em interações colaborativas de resolução de problemas, não existe uma garantia de que os significados que os estudantes elaboram em colaboração sejam os mesmos para todos (Baker, 2009).

Expressão de argumentos

Para Baker (2009), os estudantes que explicam a solução dos problemas e expressam seus argumentos para os outros podem aprender de maneira mais satisfatória, pois a explicitação do raciocínio empregado na resolução de problemas pode favorecer a estruturação do pensamento porque os estudantes podem reestruturar seu conhecimento e produzir um discurso mais coerente com o conhecimento científico. Além disso, quando um estudante torna explícito seu raciocínio seus colegas podem colaborar para uma melhor reestruturação

de pensamentos tanto quanto podem compreender sobre os conceitos a partir do raciocínio explicitado. Portanto, Baker (2009) considera que uma das formas de aprendizagem durante o processo de interação argumentativa é através da expressão de argumentos. Para o autor, o processo de expressão de argumentos envolverá a explicitação do pensamento, no qual o estudante poderá elaborar explicações e razões para expor seu raciocínio.

Ao estruturar o pensamento e explicitá-lo durante as interações argumentativas, as explicações podem aparecer como respostas de perguntas que requerem esclarecimentos, ou como “defesas argumentativas”. No caso das “defesas argumentativas” as explicações adquirem caráter de argumentos com a intenção de defender posicionamentos. No caso de explicações como “esclarecimento” elas têm a intensão de esclarecer sobre algum aspecto da discussão (Baker, 2009).

Entretanto, é importante ressaltar que a natureza e o grau de elaboração de explicações será diferente em contextos argumentativos e não argumentativos (Baker, 2009). Em contextos não argumentativos as explicações têm a intenção de auxiliar, informar, e, desse modo, tendem a ser mais extensas e elaboradas cuidadosamente (Baker, 2009). No caso de contextos argumentativos as explicações são influenciadas pelo processo de discussão, pela necessidade de defender uma crítica e, portanto, são mais focadas e restritas.

Concordamos com as ideias de Baker (2009) referente às explicações, embora cientes de que a diferenciação entre argumentos e explicações pode ser tênue e que existem conflitos de ideias em pesquisas que investigam essa temática (Berland & Reiser, 2009; Osborne & Patterson, 2011). Nesse sentido, a seguir apresentamos algumas ideias de diferentes autores sobre explicação com a intenção de esclarecer a diferença entre a mesma e o argumento e fundamentar o direcionamento que será dado nesse trabalho quando voltarmos nosso olhar para as explicações que ocorrem nas interações argumentativas.

2.1.3 Explicação versus argumento: compreendendo um pouco mais o processo argumentativo

Berland e Reiser (2009) destacam alguns dos conflitos de ideias entre autores quando tratam das explicações. Os autores ressaltam que existem trabalhos que tratam argumentos e explicações como se fossem equivalentes. No entanto, eles defendem que argumentos e explicações são práticas complementares que se sobrepõem. Isso porque, o processo de

construção e defesa de explicações pode ocasionar em posicionamentos distintos, fazendo com que os indivíduos se envolvam em argumentação a partir da refutação e defesa da melhor explicação para determinada situação (fenômeno, conceito, experimento etc.). Desse modo, os autores afirmam que a argumentação é central no processo de construção e defesa de explicações, pois o argumento permite fundamentar o “porque” de uma determinada explicação ser mais (ou menos) pertinente que a outra.

Podemos observar certa similaridade entre as ideias de Baker (2009) e Berland e Reiser (2009) quando declaram que a argumentação pode ocorrer para a defesa de explicações ou, nas palavras de Baker (2009), para “defesa de posicionamento”. Isso porque, um indivíduo pode se posicionar defendendo uma explicação ou, em outras palavras, as explicações podem situar-se dentro dos posicionamentos. Além disso, a função das explicações no processo argumentativo – assim como a função dos argumentos – pode ser a de cooperação, com a intenção de contribuir para se estabelecer um discurso coerente.

Conscientes da dificuldade em se estabelecer e compreender definições para argumento e explicação, Osborne e Patterson (2011), a partir de uma análise geral sobre os trabalhos que abordavam esse assunto, buscaram esclarecer aspectos das explicações e diferenciá-las do argumento. Para esses autores, as explicações visam dar sentido ao fenômeno investigado e o fundamento de toda explicação são as relações que ela estabelece com o fato a ser explicado. Em outras palavras, a partir das explicações o fenômeno torna-se esclarecido e inteligível para o público (seja ele a comunidade científica, a sociedade ou os estudantes em sala de aula). Desse modo, a função da explicação é o esclarecimento, para gerar uma sensação de maior compreensão. Em contrapartida, a função do argumento é justificar ou persuadir. Nesse sentido, concordamos com os autores quando eles afirmam que a diferença entre essas duas práticas encontra-se na *função epistêmica* de ambas.

Apesar de concordarmos com Osborne e Patterson (2011) quanto a distinção da função epistêmica entre argumento e explicação, também concordamos com Baker (2009) e Berland e Reiser (2009) quando esses autores consideram que as explicações encontram-se atreladas ao processo argumentativo, sendo complexo dizer quando é argumento ou explicação sem analisar o contexto. Isso porque, apesar de argumento e explicações serem distintas quanto às suas funções, consideramos que o processo argumentativo pode se dar

em busca de explicações e, as mesmas podem atuar como defesas de argumentos e com função colaborativa dentro desse processo argumentativo.

No trabalho produzido por Ferraz e Sasseron (2013) essa ligação entre a argumentação e explicação é nitidamente notada quando os autores expõem os resultados da pesquisa com estudantes em um contexto investigativo de ensino de ciências. Nesse contexto, os autores observaram que os estudantes e o professor se engajam em processos argumentativos *em busca* de explicações. No entanto, os autores ressaltam que essa busca é vista de diferentes perspectivas (o que eles denominam de dualidade argumentativa), pois os professores almejam que os estudantes se engajem na busca da explicação mais satisfatória a partir da negociação de significados, enquanto os estudantes buscam a explicação científica estabelecida, possivelmente por julgarem que o mais importante é fornecer a resposta correta ao professor ao invés de buscar persuadir os colegas e o professor (Jiménez-Aleixandre, Bugallo Rodríguez, & Duschl, 2000).

Desse modo, para Ferraz e Sasseron (2013) o produto da argumentação é uma explicação, ainda que está assuma características distintas da perspectiva de cada um desses agentes. Nas palavras dos autores:

Essa característica reside no fato de que durante uma investigação em sala de aula, tanto o professor quanto seus alunos estão em busca de uma explicação a um determinado fenômeno ou situação que é encarada naquele momento como um problema a ser solucionado, mas a solução almejada possui características distintas a depender da perspectiva adotada. Para os alunos, a explicação é uma resposta direta, uma solução “cientificamente aceita” ao problema de investigação, no entanto, para o professor, que almeja de seus alunos uma compreensão não dogmática e completa acerca das variáveis que estão relacionadas à solução do problema, a explicação deriva de um processo argumentativo (Ferraz & Sasseron, 2013, p. 4).

Podemos observar que Ferraz e Sasseron (2013) acreditam que o processo argumentativo no contexto investigativo envolverá a busca de soluções para problemas. Essa ideia é condizente com a perspectiva de Baker (2009) quando o autor define a argumentação como um recurso para o estudante reconhecer sobre a plausibilidade de alguma solução para um problema do tipo *interlocutionary*.

Ademais, Ferraz e Sasseron (2013) afirmam que durante o processo argumentativo o professor tem a intenção de que os estudantes avaliem as informações fornecidas ao longo

da discussão afim de que sejam validadas as explicações que serão construídas naquele contexto.

Finalmente, ao refletirmos sobre o papel das explicações no processo argumentativo, acreditamos que os argumentos são essenciais no processo de justificar a validade de qualquer explicação, ou seja, é através da argumentação que as explicações são elaboradas (Osborne & Patterson, 2011).

Nesse sentido, acreditamos que através da análise das explicações que aparecem durante as interações argumentativas pode ser possível observar os fundamentos das mesmas e avaliar se o processo argumentativo, a partir de refutação ou confirmação de explicações, foi satisfatório para apoiar explicações coerentes com os conceitos científicos. Além disso, assim como Baker (2009), acreditamos que uma das formas dos estudantes aprenderem durante a interação argumentativa pode ser através da expressão de argumentos e explicações.

2.2 Analogias na Ciência e no Ensino de Ciências

2.2.1 Breve retrospectiva da utilização de analogias

O raciocínio analógico tem sido apontado por diversos autores (por exemplo, Clement, 1988; Holyoak, Gentner, & Kokinov, 2001; Mozzer & Justi, 2015) como um componente central da cognição humana. Isso porque, a capacidade do ser humano de pensar sob padrões relacionais provavelmente ocorre há milhares de anos, apesar de sua expressão só ter sido registrada a partir do desenvolvimento da linguagem escrita, há cerca de quatro mil anos atrás (Holyoak et al., 2001).

Ao fazermos uma retrospectiva sobre a utilização das analogias, observamos que naquela época elas eram utilizadas, especialmente, pelos poetas na expressão de suas ideias através das poesias. Há cerca de 2.500 anos atrás as analogias eram utilizadas pelos filósofos, para expressar ideias abstratas (Holyoak et al., 2001). Na ciência, sua utilização para expressão de ideias pode ser observada mais recentemente. Thomson, por exemplo, há pouco mais de 100 anos atrás utilizou-as na expressão, (re)elaboração e comunicação de suas ideias sobre o átomo (Thomson, 1904 apud Lopes & Marques, 2011, p. 136). Nos dias atuais, as analogias são também utilizadas em situações de ensino para auxiliar os estudantes na construção de ideias mais coerentes sobre os conceitos científicos (Glynn, Duit, & Thiele, 1995; Justi & Mendonça, 2008; Lopes & Martins, 2009).

Essa extensa e milenar utilização das analogias está relacionada com o fato de que, para compreender algo novo, ou construir novos conhecimentos, é comum que o indivíduo estabeleça relações com algo já familiar a ele. A analogia é definida por Gentner (1989) como um tipo de comparação em que um conceito ou uma situação familiar (domínio análogo) compartilha *relações de similaridade* com conceito a ser ensinado (domínio alvo). Nesse sentido, através das analogias o indivíduo pode observar semelhanças entre objetos, fenômenos, estruturas, etc. que podem ser fisicamente distintos entre si, mas cujas entidades constituintes desempenham papéis semelhantes nas estruturas dos domínios comparados.

2.2.2 O uso das analogias no contexto científico

O raciocínio analógico como um recurso do pensamento humano, auxilia e promove a descoberta e a criatividade de cientistas na construção da ciência (Coll, 2005). Os cientistas

utilizam analogias para auxiliá-los a entender e explicar fenômenos abstratos, produzir novos conhecimentos, comunicar suas ideias, na resolução de problemas, na identificação de novos problemas, na elaboração de novas hipóteses e no desenvolvimento e expressão de seus modelos mentais (Clement, 1988; Coll, 2005; Dunbar & Blanchette, 2001; Glynn, Britton, Semrud-Clikeman, & Muth, 1989). Dentre estas finalidades, a síntese de novos conhecimentos pode ser considerada a principal delas para os cientistas (Dunbar & Blanchette, 2001).

Em uma pesquisa conduzida por Clement (1988) foi evidenciado a utilização das analogias durante a resolução de problemas científicos pelos cientistas. Nessa situação, foram observados os seguintes processos durante a criação de analogias:

1. *Geração da analogia*: o cientista acessa um análogo (uma situação, objeto, fenômeno etc.) que ele espera que apresente relação de similaridade com o problema a ser resolvido. Nesse momento, uma correspondência relacional provisória entre os domínios é estabelecida por ele.

2. *Validação da analogia*: nesse momento o cientista verifica se, de fato, as relações previamente estabelecidas na analogia são coerentes. Essa validação é feita com base no domínio alvo, ao qual ele recorre, buscando confirmar seu próprio entendimento. O cientista revisa aspectos do alvo e das relações de similaridade que foram estabelecidas entre os dois domínios, ressaltando as limitações⁴ da analogia.

3. *Compreensão do caso análogo*: o cientista revisa o domínio análogo e, se necessário, tenta aprimorar seus entendimentos sobre o mesmo.

4. *Síntese do conhecimento*: O cientista, a partir das correspondências estabelecidas entre alvo e o análogo, estabelece inferências sobre o alvo, a fim de sintetizar o conhecimento a respeito desse domínio.

Clement (1988) afirma que a ordem em que ocorre os três últimos processos pode variar, pois os cientistas podem “ir e voltar” muitas vezes em tais processos durante a criação de suas analogias. Além disso, podem ocorrer casos em que não se conclui todos os processos, quando se verifica a necessidade de substituição do análogo.

⁴ Aspectos diferentes entre o domínio alvo e o domínio análogo, os quais não podem ser comparados (Mozzer & Justi, 2015).

Nesse sentido, as analogias não surgem plenamente desenvolvidas pelos cientistas, mas são construídas e modificadas a partir da necessidade do seu uso em reflexões e respostas sobre os problemas científicos. Como os problemas da ciência comumente não são bem definidos e suas soluções não são antecipadamente conhecidas, durante a resolução de problemas os cientistas podem gerar diferentes ideias e hipóteses sobre os mesmos. As analogias podem auxiliar os cientistas nesse processo de criação de ideias e hipóteses, porque permitem a transposição do conhecimento de um domínio para o outro (Nersessian, 1992).

Durante a resolução de problemas pelos cientistas no trabalho de Clement (1988), foi observado que, além das analogias auxiliarem os cientistas na resolução de problemas, elas também contribuíram para a geração de novas ideias. Na pesquisa conduzida pela autor os cientistas foram convidados a resolver um problema sobre o comportamento de duas molas distintas. Um peso era pendurado em uma mola e era observado o comportamento dela. Posteriormente, o mesmo peso era pendurado em uma outra mola com o dobro do diâmetro da mola anterior e era observada a movimentação da mesma. Os cientistas deveriam explicar a diferença de comportamento dos dois sistemas. Os resultados desse trabalho evidenciaram que a partir da criação de analogias os cientistas alcançaram um avanço conceitual, pois ao pensarem em situações análogas eles refletiram sobre a movimentação da maçaneta de uma porta e visualizaram uma nova variável sobre o sistema de molas que se referia a torção delas. Esse caso ilustra a transferência de conhecimento de um domínio para o outro e como essa transferência possibilitou um avanço conceitual sobre o problema que eles estavam resolvendo.

Nesse sentido, o que percebemos é que as analogias podem servir como ferramentas mediadoras para a criação de modelos. Isso porque, ao auxiliarem os cientistas na previsão e/ou compreensão de novos fenômenos as analogias podem contribuir para o desenvolvimento de modelos explicativos sobre um determinado tópico (Brown & Clement, 1989; Duit, 1991; Mozzer & Justi, 2015; Oliva, Aragón, Mateo, & Bonat, 2001; Treagust, Duit, & Joslin, 1992).

Para compreendermos essa função das analogias precisamos entender o papel dos modelos na ciência. Um modelo deve ser entendido como uma representação parcial de um objeto,

sistema, fenômeno ou processo, que se destina a uma finalidade específica e que pode ser modificado (Gilbert, Boulter & Elmer, 2000).

O modelo é uma das principais ferramentas utilizadas pelos cientistas. A partir deles os cientistas fazem previsões, elaboram e testam hipóteses; descrevem, interpretam e explicam fenômenos; e formulam questões a respeito do mundo (Gilbert, Boulter & Elmer, 2000). Um modelo existirá, inicialmente, a partir de uma atividade mental de representação, e este será denominado *modelo mental*. O resultado desta atividade mental somente poderá ser acessado se expresso. Portanto, o que se conhece de um modelo mental é denominado *modelo expresso* (Boulter & Buckley, 2000).

No processo destacado anteriormente, as analogias podem ter auxiliado os cientistas na elaboração de seus modelos mentais, pois a partir delas os cientistas visualizaram aspectos sobre os conceitos durante a resolução de problemas. Mas, além de auxiliarem na elaboração de modelos mentais, as analogias também podem ser utilizadas com o objetivo de *expressar* os modelos mentais, pois oferecem uma maneira de explicitar ideias a partir de um domínio familiar. Mais detalhes sobre essa função das analogias são discutidos a seguir.

Analogia como modo de representação de modelos

Para expressar e comunicar seus modelos mentais os cientistas utilizam diferentes modos de representação. Segundo Gilbert (2005), esses modos podem ser: concreto, visual, simbólico, gestual e verbal.

O *modo concreto* permite a visualização tridimensional dos aspectos representados. Nesse modo, a representação é elaborada através de matérias manipuláveis (por exemplo, massa de modelar, bolas de isopor e varetas). No modo visual, as representações são feitas a partir de gráficos, desenhos, tabelas, animações e modelos virtuais (desenhos 'pseudo-tridimensionais' produzidos por computadores). O *modo simbólico* é bastante utilizado no caso da disciplina Química, pois as representações desse modo incluem símbolos, fórmulas e equações químicas. No caso do *modo gestual*, a representação é feita a partir da utilização de movimentos do corpo (ou partes dele). E, finalmente, no *modo verbal*, no qual as representações podem ser feitas de forma oral ou escrita, encontram-se as analogias e metáforas (Gilbert, 2005).

Dentre todos os modos de expressão, as analogias parecem desempenhar um importante papel na representação dos modelos mentais, uma vez que são largamente utilizadas pelos cientistas para representar e comunicar suas ideias à comunidade científica (Nersessian, 1992). Ela possibilitam tal expressão por meio das relações de similaridade que são colocadas em correspondência entre os domínios análogo e alvo comparados.

O uso das analogias como modo de representação pode ser ilustrado com o caso do cientista Maxwell, na tentativa de expressar suas ideias sobre campos de forças eletromagnéticas. Ele sentiu a necessidade de conduzir a comunidade científica ao raciocínio analógico através de uma analogia entre ideias do campo da física (que já eram conhecidas pelos cientistas) e ideias do campo da matemática (novo conceito) (Nersessian, 1992). A partir da analogia, o cientista representou aspectos de seu modelo que poderiam não ter sido visualizados se ele simplesmente apresentasse os argumentos matemáticos. Nas palavras de Maxwell: “meu objetivo tem sido o de apresentar as ideias matemáticas à mente em uma forma corporificada, (...) não como meros símbolos, que nem veiculam as mesmas ideias, nem se adaptam prontamente aos fenômenos a serem explicados (Maxwell 1855, p. 187 apud, Abrantes, 1988)”.

Observamos que o cientista acreditou no potencial da analogia pelo fato dela oferecer uma forma de representar o conceito matemático a partir de ideias do campo da física que já eram familiares às pessoas. Ele representou as ideias do campo de força eletromagnética através da analogia entre o eletromagnetismo e a hidrodinâmica, no qual as equações de movimento de um fluido incompressível através de um meio resistente foram reinterpretadas em termos das grandezas eletrostáticas. O autor pensou que através daquela analogia as equações sobre o campo eletromagnético poderiam fazer mais sentido para as pessoas, uma vez que a mera apresentação de símbolos matemáticos que corresponderiam ao seu modelo poderia não transmitir as ideias que ele pretendia. Isso dificultaria a compreensão dos fenômenos que ele desejava explicar a partir do seu modelo matemático.

A partir do exemplo anterior podemos perceber que o potencial das analogias como modo de representação está no fato delas permitirem que o indivíduo expresse seu modelo mental por meio de suas possíveis relações de similaridade entre um domínio familiar (análogo) e o

alvo. Diferentemente, os outros modos de representação (visual, gestual, concreto, simbólico) centram-se exclusivamente em aspectos do domínio alvo (conceito representado).

Como mencionado, a utilização das analogias não se restringe ao contexto científico. Seu uso também se estende ao contexto de ensino. Neste contexto, o potencial das analogias como modo de representação pode ser ainda mais realçado, pois o raciocínio analógico pode favorecer a atribuições de significados aos fenômenos científicos através do estabelecimento de relações entre aquilo que o estudante já sabe e o conhecimento científico que se almeja ensinar (Mozzer & Justi, 2015).

2.2.3 O uso das analogias no contexto de ensino

Pensando-se no potencial do uso de analogias no contexto científico, seu uso no ensino mostra-se interessante especialmente quando o objetivo é promover, entre os estudantes, processos análogos aos vivenciados pelos cientistas. Nesse sentido, a utilização de analogias pode contribuir para uma aproximação do contexto científico com as situações de salas de aula, na medida que se discute sobre a utilização das analogias pelos cientistas com os estudantes (Haglund & Jeppsson, 2012). Além disso, as analogias podem ser ferramentas valiosas no ensino de ciências para facilitar a compreensão e visualização de conceitos abstratos, despertar o interesse dos estudantes e auxiliar os professores a conhecerem as ideias dos estudantes (Duit, 1991).

Nesse contexto, existem diferentes abordagens para se usar analogias. Uma dessas abordagens se refere à utilização das analogias como *modelo de ensino*, ou seja, modelos criados com o intuito de ajudar os estudantes no entendimento de aspectos sobre o conceito a ser ensinado (Justi, 2010). Ao serem utilizadas como modelos de ensino as analogias levam para esse contexto um objeto, situação, fenômeno etc., familiar ao estudante, com o objetivo de fornecer suporte para que ele possa elaborar ideias coerentes do conhecimento científico.

As analogias utilizadas como modelos de ensino objetivam servir como pontes conceituais para o entendimento dos conceitos pelos estudantes (Duit & Treagust, 2003). Um exemplo da utilização das analogias com esse objetivo no ensino de Química, é o uso da analogia com o “sistema solar” amplamente difundida para o ensino do modelo atômico de Bohr. Um dos

intuitos dessa analogia é facilitar a compreensão dos estudantes sobre a movimentação dos elétrons em volta do núcleo (domínio alvo) a partir da correspondência com a movimentação dos planetas em torno do sol (domínio análogo).

No entanto, a analogia somente irá cumprir seu papel de modelo de ensino se de fato os estudantes tiverem familiaridade com o domínio análogo (Mozzer & Justi, 2013b). Alguns autores (por exemplo, Munarin & Munarin, 2008; Souza, Justi, Ferreira, & 2006) ressaltam que, nem sempre tal familiaridade é observada, o que pode prejudicar a aprendizagem do conceito alvo.

Desse modo, apesar do potencial explicativo das analogias utilizadas como modelos de ensino a sua utilização pelos professores requer alguns cuidados, como:

- Certificar de que o domínio análogo seja familiar ao estudantes (Mozzer & Justi, 2013a).
- Fazer o levantamento das correspondências entre o domínio alvo e análogo, pois casos em que não houver o devido direcionamento do mapeamento⁵, podem ocorrer generalizações e raciocínios equivocados por parte dos estudantes (Haglund & Jeppsson, 2012).
- Identificar as limitações das analogias. Nestes casos, características irrelevantes podem sobressair, ou seja, aspectos não comparáveis entre o análogo e o alvo podem ser mais enfatizados que os comparáveis conforme o direcionamento dado no uso das analogias (Souza et al., 2006).

É importante ressaltar que realizar o mapeamento da analogia é algo essencial em qualquer que seja o modo de utilização dela, pois sem a explicitação das correspondências entre os dois domínios a comparação torna-se uma linguagem metafórica (Aubusson, Harrison, & Ritchie, 2006).

Apesar de todos esses cuidados, quando as analogias são apresentadas como modelos de ensino as oportunidades dos estudantes de exporem suas próprias ideias e desenvolverem sua criatividade são menores, pois durante a apresentação de uma analogia previamente estruturada o estudante deve se concentrar em compreender as relações (entre o análogo e o alvo) que foram predeterminadas por outra pessoa (Haglund & Jeppsson, 2012).

⁵ Refere-se ao processo de correspondência de características e/ou relações de similaridade compartilhadas pelo análogo e pelo alvo (Glynn, 2007).

Uma outra possibilidade de utilização das analogias no ensino é quando os estudantes são solicitados a criar analogias para expressar suas ideias sobre o conceito alvo. Esse método tem demonstrado bons resultados (Mozzer & Justi, 2012; Pittman, 1999; Spier-Dance, Mayer-Smith, Dance, & Khan, 2005). Isso porque, a criação de analogias pelos estudantes, pode auxiliá-los na comunicação e expressão de suas ideias sobre os conceitos.

Além disso, o processo de crítica de analogias, que pode ocorrer durante as discussões das analogias geradas, permite que os estudantes avaliem as analogias criadas por eles a partir do contraste com as características do conceito alvo que estão aprendendo. Permite também que eles utilizem sua criatividade e suas habilidades de gerar e/ou identificar correspondências de relações de similaridade entre o domínio alvo e o análogo. Nesse sentido, assim como ocorre no processo de criação de analogias pelos cientistas, a criação e crítica de analogias pelos estudantes podem auxiliá-los na solução de problemas, na identificação de novos problemas e na elaboração de novas hipóteses (Glynn et al., 1989).

Ademais, quando as analogias são criadas pelos estudantes, problemas como falta de familiaridade deles com o conceito análogo são sanados, uma vez que o estudante somente irá estabelecer comparações com algo que já seja familiar a ele (Mozzer & Justi, 2012). Agrega-se a isso o fato de os próprios estudantes declararem no trabalho de Pittman (1999) preferir as analogias criadas por eles mesmos quando comparadas às analogias criadas por seus professores, justificando que as analogias criadas pelos professores nem sempre são compreendidas por eles.

Na pesquisa realizada por Spier-Dance e colaboradores (2005) com estudantes de graduação do curso de ciências biológicas foi visto que o método de criação de analogias, comparado ao método de utilização delas como modelo de ensino, apresentou maior impacto na aprendizagem dos estudantes. Os autores analisaram duas turmas distintas de estudantes durante a aprendizagem de um mesmo conceito, uma das turmas discutiu o conceito a partir do método de criação de analogias e a outra turma discutiu através de analogias criadas e apresentadas pelo professor. Ao final do curso os estudantes realizaram avaliações nas quais foram examinadas as respostas deles, buscando analisar a profundidade da compreensão conceitual dos mesmos. Foi visto que os estudantes que criaram suas próprias analogias demonstraram maior nível de compreensão dos conceitos ensinados do que aqueles

estudantes que haviam estudado o mesmo conceito através de uma analogia criada e discutida pelo professor.

A criação de analogias pelos estudantes também pode contribuir para um raciocínio através dos modelos, como acontece com os cientistas. Isso porque, através das analogias os estudantes podem desenvolver e expressar suas representações mentais (Oliva & Aragón, 2009). Em nossa pesquisa acreditamos especialmente no potencial da criação de analogias como um modo de representação de modelos, pois como foi evidenciado no trabalho de Coll (2005), quando as analogias são utilizadas com essa função, elas permitem que os professores acessem as ideias dos estudantes e os auxiliem na (re)construção de representações coerentes sobre o conhecimento científico. Além disso, através do processo de crítica de analogias, os estudantes podem visualizar aspectos incoerentes de suas representações mentais (Coll, 2005).

É importante ressaltar que a atuação do professor é primordial, tanto na utilização de analogias como modelos de ensino (para discutir as correspondências e limitações das analogias previamente estabelecidas) quanto nas situações em que as analogias são criadas pelos estudantes (Coll, 2005). O professor deve conduzir a discussão das analogias criadas pelos estudantes no sentido de auxiliá-los no desenvolvimento de suas ideias em direção às científicas, ou seja, aquelas que fundamentam o conceito alvo. Para isso, é fundamental que o mapeamento das correspondências das relações de similaridade entre os domínios comparados e a crítica das mesmas sejam intencionalmente requisitados pelo professor.

Finalmente, é importante destacar que nem sempre os estudantes irão criar comparações relacionais (como é o caso das analogias (Gentner, 1989)), pois a exploração de relações de similaridade exige um alto nível de abstração para que raciocínio seja inferido de um domínio a outro (Clement, 2008). Desse modo, algumas vezes, os estudantes criam comparações superficiais, nas quais são comparados apenas aspectos físicos entre os dois domínios (comparações de mera aparência (Gentner, 1989)). Nesses casos, apesar das comparações serem limitadas a semelhanças descritivas, a expressão dessas comparações (assim como a expressão das analogias) pode auxiliar o professor a identificar as concepções dos estudantes sobre o conceito alvo e, se necessário, auxiliá-los no desenvolvimento de ideias mais coerentes com o conhecimento científico. Além disso, uma vez que os

estudantes podem elaborar comparações nas quais comparam tanto aspectos superficiais e quanto relações de similaridade (similaridades literais (Gentner, 1989)), o professor também pode auxiliá-los a focar nas relações de similaridade entre o alvo e o análogo, com a intenção de que eles desenvolvam compreensões mais profundas sobre o conceito alvo (Spier-Dance et al., 2005).

2.3 Analogias e argumentação no ensino de ciências

De modo geral, existem poucas pesquisas que conjugaram analogias e argumentação no ensino de ciências (Correa, Mozzer, & Justi, 2010; Emig et al., 2014). No caso da pesquisa conduzida pelos autores Correa et. al (2010) o objetivo deles na conjugação dessas duas práticas era avaliar os esquemas argumentativos propostos por Walton et al. (2008) como uma alternativa para se estudar situações argumentativas, em especial, em uma sequência de ensino envolvendo analogias.

Observamos que o foco da pesquisa citada anteriormente era estudar um tipo específico de argumento, o *argumento por analogias*⁶. Esse tipo de argumento ocorre quando o indivíduo utiliza de uma situação ou conceito análogo para argumentar contra ou favor de alguma opinião ou situação.

Desse modo, o objetivo de conjugação das analogias e argumentação na pesquisa citada anteriormente difere do objetivo de nossa pesquisa e daquela pesquisa que foi conduzida por Emig et al. (2014). Isso porque, nosso objetivo, assim como o da pesquisa de Emig e colaboradores (2014), é analisar o potencial das analogias no processo de ensino como *fomentadoras* de ambientes argumentativos e não em analisar um tipo específico de argumento.

No entanto, é importante ressaltar que apesar de nossa pesquisa ter um objetivo que coincidente com aquele apresentado no trabalho de Emig et al. (2014), propomos analisar o potencial das analogias como fomentadoras de ambientes argumentativos numa situação diferente daquela vista na pesquisa de Emig et. al (2014). Os autores observaram a argumentação dos estudantes a partir da *discussão de cenários análogos*, diferentemente,

⁶ O argumento por analogias é aquele no qual o sujeito argumenta a partir de raciocínio comparativo, por exemplo, de um caso ou de uma situação similar. Esse é um dos sessenta e cinco esquemas argumentativos categorizados por Walton, Reed & Macagno (2008).

em nossa pesquisa analisamos a argumentação a partir da *criação e crítica de analogias* pelos estudantes.

Para o desenvolvimento de ambientes que favoreçam a argumentação em sala de aula de ciências é importante que o professor dê aos estudantes oportunidades de se envolverem em processos dialógicos de comunicação (isto é, que diferentes pontos de vista, que não apenas o científico, sejam valorizados) (Berland & Reiser, 2008; Driver, Newton & Osborne, 1998; Newton, Driver & Osborne, 1999). Consideramos que a criação e crítica de analogias pelos estudantes pode ser considerada como favorável para se desenvolver esses ambientes. Isso porque é provável que estudantes argumentem quando apresentam analogias para se comunicar e se expressar através de um domínio familiar (Spier-Dance et al., 2005), em situações nas quais os estudantes têm que procurar por informações quando tentam compreender o *novo conceito* a partir do estabelecimento de relações com o *familiar* (Mozzer & Justi, 2015).

Durante o processo de criação e crítica de analogias os estudantes precisam fazer o levantamento das relações entre o domínio alvo e análogo (Mozzer & Justi, 2015). Esse momento pode ser favorável para fomentar interações argumentativas na busca do melhor análogo que possa ser comparado com o alvo.

Ademais, pensando-se nos potenciais das práticas argumentativas e da criação e crítica de analogias, acreditamos que a participação dos estudantes em atividades que visam fomentar ambientes que utilizam dessas práticas podem gerar processos de aprendizagem que os incentivam a construir seus próprios entendimentos, fornecendo uma forma de motivá-los a participarem das aulas na medida em que se quebra a monotonia das aulas expositivas.

Capítulo 3. Objetivos da Pesquisa

Diante das discussões apresentadas anteriormente sobre analogias e argumentação no ensino de ciências, destacando-se a necessidade de mais trabalhos que conjuguem esses referenciais, esta pesquisa tem por objetivos gerais investigar: (i) *se e como* o processo dialógico de criação, crítica e revisão de analogias vivenciado por grupos de estudantes de Química do ensino médio, pode influenciar na ocorrência de interações argumentativas; e (ii) *como* esse processo pode impactar na aprendizagem dos estudantes de conceitos da Química.

Desse modo, traduzimos nossos objetivos gerais de pesquisa nas seguintes questões:

1. Como a UD pode ser caracterizada em termos da ocorrência e da natureza das interações argumentativas durante seu desenvolvimento em sala de aula?
2. Como os processos de criação de comparações, mapeamento e avaliação, escolha de comparações e confronto entre análogos se relacionam com a natureza das interações argumentativas, segundo o modelo de Baker (2009)?
3. Como o envolvimento dos estudantes em interações argumentativas influenciou seus conhecimentos sobre os modelos atômicos?

Capítulo 4. Aspectos metodológicos da pesquisa

4.1 Caracterização geral da pesquisa

O trabalho aqui apresentado fundamenta-se nos princípios teórico-metodológicos da pesquisa qualitativa em educação (Cohen, Manion, & Morrison, 2011; Lüdke & André, 2015). Para os autores citados, na pesquisa qualitativa, uma premissa fundamental é que o pesquisador deliberadamente não tente manipular as variáveis ou condições do cenário pesquisado; ao contrário, que a pesquisa busque capturar o ambiente onde ela se processa da forma mais natural possível. Isso porque, a intenção desse tipo de pesquisa é retratar a realidade de situações sociais em seus próprios termos, nas suas configurações naturais ou convencionais.

Nesse sentido, destacamos, especialmente, três características da pesquisa qualitativa, apresentadas pelos autores mencionados:

- O pesquisador deve ser visto como o principal instrumento da pesquisa e ele deve ter contato direto com o ambiente e a situação investigada.
- A preocupação do pesquisador deve ser essencialmente com o processo de investigação ao invés do produto gerado.
- Os dados coletados devem ser predominantemente descritivos e a análise deve seguir um processo indutivo.

Na condução da pesquisa descrita neste trabalho, tivemos como foco entender o processo de aprendizagem dos estudantes envolvidos. Para isso, a pesquisadora, autora do trabalho, esteve completamente envolvida no campo de ação dos investigados, buscando conversar, ouvir e permitir a expressão dos participantes, premissas da pesquisa qualitativa.

Nessa pesquisa, utilizamos dados predominantemente descritivos, o que nos permitiu retratar os acontecimentos de forma mais completa para analisar *se* e *como* os estudantes se envolveriam em argumentação durante a criação e crítica de analogias.

A análise seguiu-se de acordo com um processo indutivo, ou seja, foi através dos dados que procuramos perceber *como* a criação e crítica de analogias pelos estudantes favoreceu o processo argumentativo. Dessa forma, desenvolvemos nossas interpretações a partir de

padrões encontrados nos dados, em vez de selecionarmos dados para comprovar ou verificar hipóteses (Lüdke & André, 2015).

Apoiamos nas definições de Stake (2000) sobre *estudo de caso* na seleção da abordagem a ser empregada. Para o autor, o estudo de caso é determinado pelo interesse em casos individuais e não pelos métodos de investigação utilizados. Desse modo, Stake (2000) afirma que o estudo de caso é uma escolha *do que deve ser estudado* e uma questão fundamental é o conhecimento derivado do caso, ou seja, o que se aprende ao estudar o caso.

Na utilização de qualquer metodologia optamos por um estudo, seja ele um estudo analítico ou holístico, por medições repetidas ou por medidas hermenêuticas e, no estudo de caso, nos concentramos no *caso*, ou seja, em compreender as complexidades do caso (Stake, 2000).

Em nosso estudo, o caso se tratou de um grupo de estudantes de uma turma de química do ensino médio, com características peculiares, de uma escola da rede pública de um distrito da cidade de Mariana, envolvidos em processos de criação e crítica de analogias. Este estudo se configura em uma tentativa de compreendermos as complexidades envolvidas na relação entre os processos mencionados e o envolvimento dos estudantes em situações argumentativas.

Stake (2000) distingue três tipos de estudo de caso comuns na pesquisa, são eles: estudo de caso intrínseco, estudo de caso instrumental e estudo de caso coletivo. Para o autor, cada tipo de estudo atende a um interesse distinto, podendo demandar diferentes orientações metodológicas. Consideramos que essa pesquisa se trata de um estudo de caso do tipo *intrínseco*, no qual, o pesquisador tem a intenção de compreender melhor um caso particular e aspectos específicos daquele caso.

Caracterizamos o estudo de caso como intrínseco, porque tínhamos um interesse particular de compreender *se e como aqueles estudantes específicos se envolveriam em argumentação a partir da elaboração e crítica de analogias*. Mesmo sendo um caso dessa natureza, acreditamos que generalizações naturalísticas do caso estudado para outros contextos possam ocorrer (Cohen et al., 2011).

Para a elaboração do estudo de caso utilizamos a *observação participante* como metodologia de coleta de dados. Para Cohen e colaboradores (2011), a observação participante permite o desenvolvimento de relações informais entre o pesquisador e os indivíduos pesquisados e, por isso, contribui para retratar o contexto nas suas configurações naturais. Para esta pesquisa era importante que os estudantes agissem de forma espontânea durante a coleta de dados para que pudéssemos compreender como seria o envolvimento deles durante as atividades.

Para realizar um estudo de caso utilizando a metodologia de pesquisa qualitativa, Stake (2000) ressalta que o pesquisador deve se atentar à alguns passos, destacamos alguns deles a seguir:

1. Delimitar o caso a ser estudado.
2. Selecionar o fenômeno a ser pesquisado e fazer questões sobre o mesmo.
3. Triangular as principais observações para a interpretação.
4. Desenvolver afirmações sobre o caso.

Durante o estudo de caso realizado nesse trabalho nos atentamos aos passos destacados anteriormente. Como descrito, o caso delimitado nessa pesquisa se trata de um grupo de estudantes do primeiro ano do ensino médio de uma escola pública de um distrito da cidade de Mariana. O fenômeno a ser investigado se trata de *se* e *como* os estudantes se envolvem em argumentação em situações de criação e crítica de analogias. A investigação do fenômeno nos gerou as questões de pesquisas apresentadas no capítulo 3.

Na caracterização de aspectos metodológicos mais específicos à pesquisa conduzida, os passos 1, 2 e 3 propostos por Stake (2000) encontram-se detalhados nas próximas seções deste capítulo enquanto o passo 4 é derivado da análise dos dados apresentada no capítulo 5.

4.2 Coleta de dados e amostra

A pesquisa foi realizada em uma escola da rede pública situada em um distrito localizado há 9km da cidade de Mariana. O distrito foi um dos primeiros núcleos mineradores de Minas Gerais, mas a decadência do minério levou a um declínio econômico da região. Atualmente foi instalado um polo industrial no distrito para atrair indústrias de pequeno e médio porte

na tentativa de sanar parte dos problemas econômicos do local. Além da escola em que foi realizada a coleta de dados, existem dois centros educacionais localizados no distrito, ambos fundados a partir de projetos sociais com objetivo de tentar atenuar os problemas sociais enfrentados pelos moradores locais⁷.

A pesquisa ocorreu naquele cenário devido ao interesse da professora de química regente da turma em participar da pesquisa e ao nosso, em estudar um contexto de ensino de escola da rede pública.

A turma não tinha costume de trabalhar com atividades que envolviam criação de modelos, analogias e argumentação. Os estudantes não estavam acostumados a vivenciar atividades que visavam a discussão, proposição e comunicação de ideias. O ensino comumente vivenciado por eles era fundamentado na “transmissão” do conhecimento pelo professor e “recepção” dos mesmos pelos estudantes. Por isso, práticas argumentativas por parte dos estudantes não eram usuais naquele contexto.

O estudo de caso foi desenvolvido para um dos grupos de estudantes daquela turma. O critério de seleção do grupo investigado foi a acessibilidade dos estudantes. Esse grupo de estudantes, diferentemente dos demais grupos da turma, não se incomodou com a filmagem e, apesar da timidez, não cobriram o rosto e tentaram agir com naturalidade durante a gravação.

Durante o desenvolvimento da proposta a pesquisadora selecionou um grupo de estudantes da classe para ser diretamente acompanhado por ela em todas as aulas. Essa atitude da pesquisadora foi realizada com a intenção de registrar todas as conversas, opiniões, discussões e proposições daqueles estudantes do grupo selecionado. Dessa forma, a pesquisadora atuou como participante do cenário daquela turma, auxiliando os estudantes, daquele e de outros grupos, durante a maior parte do tempo nas atividades. Tal auxílio também foi realizado pela professora colaboradora.

A professora colaboradora trabalhava na escola há três anos, desde a sua graduação em Química Licenciatura pela Universidade Federal de Ouro Preto, em 2012. Dessa forma, acreditávamos que ela poderia conduzir satisfatoriamente bem a proposta de ensino que foi utilizada na coleta de dados (ver seção 4.2.3), visto que as estratégias instrucionais

⁷ Fonte de consulta: <http://www.ouopreto.com.br/distritos/antonio-pereira> acessado em 13/03/17

empregadas (modelos, analogias e argumentação) são parte do programa daquele curso de formação inicial. Agregado a isso, acreditávamos que o fato da professora ter experiência naquela escola também seria importante para o desenvolvimento da proposta, pois ela já conhecia a realidade dos estudantes de forma geral.

Os estudantes que participaram da pesquisa cursavam o primeiro ano do ensino médio. A seleção dessa série de ensino se deu a partir da escolha da pesquisadora de trabalhar com o tema *modelos atômicos* na proposta e, naquele contexto, essa temática era discutida no primeiro ano do ensino médio.

A turma era composta por 35 estudantes, faixa etária deles era majoritariamente entre 15 e 16 anos. Durante o período da coleta de dados, cerca de 30 estudantes frequentaram as aulas de química. A sala de aula não acomodava a quantidade de mesas e cadeiras suficientes para esses estudantes. Desse modo, no início da primeira aula do dia era necessário buscar mesas e cadeiras para alguns estudantes e isso ocasionava a perda dos minutos iniciais da aula.

De acordo com os depoimentos da professora, a turma pesquisada era bastante indisciplinada durante as aulas pois, frequentemente, os estudantes mantinham conversas paralelas, se deslocavam dentro da sala de aula sem autorização da professora e tinham atitudes que perturbavam a disciplina em sala de aula faziam brincadeiras e dificultavam o bom andamento das aulas. Durante a coleta de dados, percebemos que alguns estudantes mantiveram essas atitudes perturbadoras e isso implicou em uma necessidade de readaptação do cronograma de atividades, pois foi necessário maior tempo para a realização das mesmas. Contudo, a indisciplinada dos estudantes não impediu a participação deles durante as atividades.

A coleta ocorreu durante quatro semanas, sendo realizadas 10 (dez) aulas de 50 (cinquenta) minutos durante esse período. Durante a primeira e a terceira semanas as aulas foram realizadas no primeiro e segundo horário da manhã (de 7:00h às 8:40h). Na segunda e quarta semanas, foram realizadas 3 (três) aulas de 50 (cinquenta) minutos durante o primeiro, segundo e terceiro horário de aula (7:50h às 9:30 h). Como citado anteriormente, essa mudança ocorreu devido à fatores como a indisciplinada e organização inicial da sala de aula.

4.2.1 Caracterização da amostra

O grupo selecionado para nosso estudo era composto por cinco estudantes do sexo masculino. Esse grupo de estudantes, segundo a professora da turma, era “o grupo mais difícil” da turma, pois eles eram desatentos e desinteressados.

Dois dos estudantes daquele grupo eram bastante extrovertidos e gostavam de chamar para si a atenção dos demais estudantes da turma durante as aulas. Os demais componentes do grupo eram mais tímidos e se contentavam em apresentar suas opiniões somente nas discussões com os colegas e com a professora.

Observamos que, algumas vezes, os estudantes mais extrovertidos do grupo faziam brincadeiras que perturbavam o desenvolvimento das atividades, mas no decorrer da coleta de dados eles se mostraram atentos às discussões dos grupos e aos questionamentos e colocações da professora e da pesquisadora.

4.2.2 Metodologia de coleta de dados

Todas as aulas durante a coleta de dados foram registradas em áudio e vídeo. Durante as aulas estiveram presentes a professora colaboradora, a pesquisadora e um auxiliar de filmagem. Eram levadas duas câmeras filmadoras para a coleta, uma delas era posicionada no grupo selecionado pela pesquisadora e a outra proporcionava uma visão geral da sala de aula.

Em observação aos princípios da ética na pesquisa, foi entregue aos estudantes um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (disponível em anexo 2), com intuito de informar e esclarecê-los sobre a pesquisa, para que eles pudessem decidir sobre sua participação na mesma. Esta pesquisa foi submetida ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Ouro Preto. Para preservação da identidade dos estudantes, utilizamos nomes fictícios e códigos para diferenciar os grupos de estudantes.

Durante o processo de coleta de dados, como afirmado anteriormente, a pesquisadora atuou como *observadora participante*. Segundo os pressupostos metodológicos descritos por Lüdke e André (2015), a observação participante é marcada por um contato direto entre o pesquisador e a situação pesquisada. Para as autoras, esse tipo de observação permite que o pesquisador chegue mais perto da “perspectiva dos sujeitos”. Nesse sentido, as autoras

ressaltam que é interessante que o pesquisador tenha um contato prévio com a situação pesquisada antes da atuação em campo, para que ele possa desenvolver uma relação de familiaridade com aqueles indivíduos em campo.

Apesar da observação participante demandar um contato prévio do pesquisador com a situação pesquisada, nesse trabalho não foi possível realizá-lo, pois a pesquisadora não teve tempo hábil para acompanhar as aulas anteriores da professora. Dessa forma, o primeiro dia de coleta na turma foi marcado pelo desconforto dos estudantes com a presença da pesquisadora e, em especial, das câmeras. Apesar disso, durante o período de coleta foi possível perceber uma familiarização progressiva dos estudantes com a pesquisadora e com as câmeras. Esse fato pôde ser notado especialmente durante as atividades em que os estudantes solicitavam a presença da pesquisadora, inclusive chamando-a de “professora”, para auxiliá-los no processo.

A coleta de dados foi feita a partir do emprego de uma unidade didática (UD), proposta pela pesquisadora, para ensino dos modelos atômicos de Dalton e Thomson (Ramos, Mendonça, & Mozzer, 2016). Na subseção a seguir, sobre contexto de coleta de dados, é feita a caracterização dessa unidade.

Durante a coleta de dados, a partir das interações com a turma, a pesquisadora acompanhou o grupo de estudantes selecionado para o estudo de caso durante todos os momentos das atividades.

Como consequência da seleção daquele grupo de estudantes para o estudo de caso, somente nele foi utilizado um gravador de áudio. Por isso, somente as falas de seus integrantes foram possíveis de serem ouvidas com clareza para a transcrição. O áudio dos demais grupos da turma foi prejudicado, devido ao barulho na sala de aula (proveniente de conversas paralelas entre estudantes, estudantes que se locomoviam na sala de aula e arrastavam carteiras etc.).

É importante ressaltar que foi frequente a ausência dos estudantes da turma durante as aulas envolvendo o desenvolvimento da UD. Segundo a professora da turma, esse fato era comum de ocorrer. Sendo assim, nem todos os componentes do grupo selecionado estiveram presentes durante todo o processo.

4.2.3 Contexto de coleta de dados: Unidade Didática

Com a intenção de alcançar os objetivos de pesquisa foi criada uma unidade didática que visava estimular ambientes argumentativos a partir da criação e análise crítica de analogias pelos estudantes. Para isso, a pesquisadora selecionou a temática modelos atômicos para ser trabalhada nessa proposta.

Justificativa para escolha do tema modelos atômicos

No ensino do tema modelos atômicos é comum professores e autores de livros didáticos de Química fazerem uso de analogias (por exemplo: a analogia entre bolas de bilhar e o modelo atômico de Dalton; entre o sistema solar e o modelo atômico de Bohr; entre o “pudim de passas” e o modelo atômico de Thomson). A pesquisadora já havia trabalhado com a analogia do “pudim de passas” em seu TCC (Ramos, 2014) e observado os obstáculos que esse análogo pode gerar no ensino do tema. Desse modo, na tentativa de auxiliar os estudantes no desenvolvimento de visões mais coerentes dos modelos atômicos, especialmente sobre o modelo atômico de Thomson, a pesquisadora optou por trabalhar com essa temática na UD.

A analogia com o “pudim de passas” foi popularizada como um modelo de ensino para facilitar a compreensão do átomo de Thomson. Nessa analogia, como mencionado, o análogo é o “pudim de passas” de origem inglesa, ou “*plum pudding*”⁸, e o alvo é o modelo atômico de Thomson. Tal analogia consegue explicar somente um único aspecto do modelo atômico de Thomson: a distribuição homogênea de cargas. Portanto, a aprendizagem deste tema, somente a partir da analogia com o “pudim de passas”, pode ser limitada.

O análogo proposto difere-se visivelmente de um pudim brasileiro. Além disso, no Brasil, não é comum a confecção de “pudim de passas”. Por essa razão, o que se constata em pesquisas da área de Educação em Química sobre essa analogia é que os estudantes não possuem familiaridade com o análogo (Munarin & Munarin, 2008; Souza et al., 2006). É importante ressaltar que, neste caso, a analogia estabelecida não cumpre o seu papel de modelo de ensino, uma vez que, para isso, a necessidade primordial é de que o análogo seja familiar aos estudantes (Mozzer & Justi, 2015).

⁸ O “*plum pudding*” é uma sobremesa de origem inglesa feita com uva passa. Comumente servida no natal naquela região, ela se assemelha fisicamente ao panetone servido no Brasil.

Levando-se em consideração esses aspectos, compartilhamos as ideias de Mozzer e Justi (2015) de que uma das possíveis formas de superar o problema da não familiaridade dos estudantes com um análogo – como o “pudim de passas” – e de promover uma aprendizagem mais significativa de conceitos químicos – como o modelo de Thomson – é possibilitar que os próprios estudantes elaborem suas comparações, fazendo uso das analogias como modos de expressão de seus modelos. Nesse processo, eles podem ter oportunidade de comunicar-se e, possivelmente, de argumentar na busca por evidências que sustentem o mapeamento (correspondência) de relações na analogia criada.

Ademais, o tema modelos atômicos vem chamando atenção de alguns autores (Melo & Neto, 2013; Mortimer, 1995; Romanelli, 1996; Souza et al., 2006) devido aos obstáculos significativos no processo de ensino-aprendizagem do tema. Os autores citados destacam que o desconhecimento do processo de construção do conhecimento científico e das relações que o modelo estabelece com o fenômeno que representa são alguns dos entraves que prejudicam a aprendizagem do tema. Romanelli (1996) ressalta que algumas das dificuldades dos estudantes sobre os modelos atômicos estão diretamente relacionadas com a abordagem utilizada pelo professor durante o processo de ensino.

Sintetizando, em função da unidade didática visar a criação e análise crítica de analogias pelos estudantes, a temática modelos atômicos foi selecionada para ser trabalhada nessa proposta levando-se em consideração a recorrente utilização de analogias no ensino do tema e buscando-se superar problemas como a não familiaridade com o análogo e obstáculos no ensino-aprendizagem do tema.

Objetivo dos eventos da unidade didática

Como discutido, um dos entraves apontados pela literatura (Melo & Neto, 2013; Mortimer, 1995; Romanelli, 1996) na aprendizagem dos modelos atômicos é o desconhecimento do processo de construção do conhecimento científico. Sendo assim, a proposta foi elaborada levando-se em consideração os episódios históricos (Filgueiras, 2004; Lopes & Marques, 2011; Lopes & Martins, 2009; Reis, Oliveira, & Silva, 2012) e a evolução das ideias científicas. Isso foi feito na tentativa de desenvolver visões mais autênticas sobre a ciência (Gilbert, 2004) (condizentes com os conhecimentos e processos que fazem parte da ciência), buscando a construção progressiva do conhecimento pelo estudante.

Apresentamos os episódios históricos a partir de textos, que foram elaborados com base nas fontes históricas citadas anteriormente. Os textos foram escritos pela pesquisadora com a intenção de aproximar a linguagem científica dos estudantes e de apresentar os episódios e as informações históricas de forma interativa. A partir do texto, os estudantes são convidados a serem colaboradores dos cientistas e, nesse sentido, são solicitados a analisar as proposições dos cientistas e auxiliá-los na apresentação de suas ideias (a partir da elaboração de comparações e modelos). O texto foi dividido em partes; em cada uma delas propõe-se uma ação do estudante de auxílio ao cientista.

Visando responder a primeira questão de pesquisa, que tinha o objetivo de analisar a ocorrência das interações argumentativas durante o desenvolvimento da unidade didática, os estudantes foram organizados em grupos em todos os momentos da coleta (na tentativa de facilitar a comunicação entre eles) e todas as atividades oportunizavam a participação, comunicação, discussão e reflexão de ideias dos estudantes com intuito de favorecer a ocorrência de interações argumentativas. Além disso, em todos os momentos foram disponibilizadas informações sobre os conceitos para que os estudantes pudessem utilizá-las durante a apresentação de suas ideias.

A UD tem a intenção de proporcionar diferentes momentos para a aprendizagem (criação e avaliação de modelos, experimentação, criação e avaliação de analogias, contraste entre análogos) durante o ensino dos modelos atômicos de Dalton e Thomson. Dessa forma, visamos avaliar a relação dessas estratégias com os tipos e a ocorrência de interações argumentativas.

A seguir caracterizamos o objetivo de cada um dos momentos da unidade didática. Para facilitar a apresentação da UD, a dividimos em cinco eventos. Essa divisão foi feita baseada na separação das diferentes estratégias de aprendizagem, sendo cada uma delas denominadas entre colchetes frente a cada evento:

1. Apresentação da teoria gasosa [*criação, avaliação e escolha de modelos*]
2. Modelo atômico de Dalton [*criação, avaliação e escolha de modelos e analogias*]
3. Experimento eletrização por atrito [*experimentação*]
4. Modelo atômico de Thomson [*criação, avaliação e escolha de modelos e analogias*]
5. Apresentação da analogia do “plum pudding” [*contraste de análogos*]

1. Apresentação da teoria gasosa

Tendo em vista que o estudo de Dalton sobre o átomo se deu a partir dos estudos dele sobre os gases, o primeiro momento da unidade didática envolve a discussão sobre as proposições de Dalton para a disposição dos gases.

Esse primeiro momento objetiva a criação de modelos pelos estudantes para representar a disposição dos gases na atmosfera.

É solicitado a criação de modelos⁹ e sua expressão a partir do modo concreto (utilizando massa de modelar e bolinhas de isopor) e visual (desenhos 2D) para que os estudantes possam se familiarizar com o processo de desenvolvimento e crítica de ideias por eles mesmos. Além disso, esse processo estimula os estudantes no desenvolvimento de suas capacidades de visualização a partir de representações que facilitam o entendimento deles e a comunicação do conhecimento por eles (Kozma & Russell, 2005).

Durante a criação de modelos é disponibilizado aos estudantes massa de modelar e bolinhas de isopor para facilitar na representação de aspectos que não podem ser apresentados a partir de desenhos 2D.

Após criarem seus modelos, é apresentado aos estudantes, a partir de um texto, as ideias de Dalton sobre a disposição dos gases e os estudantes são incentivados a se posicionarem contra ou a favor daquela proposição do cientista. As ideias propostas por Dalton naquela época não levavam em consideração informações que conhecemos hoje, desse modo, esse cientista propôs um modelo que, para o contexto atual, pode-se dizer que continha alguns equívocos. Dessa forma, esse momento da UD, busca analisar se os estudantes vão avaliar as ideias de Dalton de acordo com as informações disponibilizadas para se posicionarem (gerando interações argumentativas) ou se simplesmente vão aceitar a ideia por ser fonte de opinião de especialista.

2. Modelo atômico de Dalton

Nesse momento, os estudantes, a partir da leitura de um texto (apresentado na unidade didática, anexo 1), que aponta as informações do átomo segundo a perspectiva de Dalton,

⁹ Um modelo é a principal ferramenta utilizada pelo cientista para elaborar e expressar suas ideias e um dos principais produtos da ciência. Eles são representações parciais de sistemas, fenômenos, processos e ideias, que são elaborados com alguma finalidade específica (Gilbert, Boulter, & Elmer, 2000).

são solicitados a auxiliar o cientista na apresentação de suas ideias para a comunidade a partir da elaboração de modelos e analogias para representar, expressar e explicar aquele átomo. Ao estimular os estudantes a criarem suas analogias depois da criação dos modelos tínhamos a intenção de que as analogias os auxiliassem na apresentação de aspectos que não conseguiriam ser representados nos modelos (concretos e 2D) que poderiam ser expressos mais facilmente a partir da explicitação das semelhanças e diferenças entre o análogo conhecido e o alvo em estudo. Além disso, Gilbert (2005) afirma que é importante transitar por diferentes modos de expressão de modelos para a evolução do conhecimento.

É importante ressaltar que mesmo que a solicitação na atividade fosse para criação de analogias e modelos, prevemos que a avaliação dos mesmos poderia ocorrer em função das discussões de informações sobre os conceitos e sobre os próprios modelos e analogias, acarretando na escolha, reformulação ou rejeição dos mesmos.

3. Experimento eletrização por atrito

O experimento de eletrização por atrito foi proposto com a intenção de se discutir a presença de cargas na matéria, representada no modelo de Thomson. Essa característica da matéria não encontrava-se de acordo com as características do modelo proposto por Dalton. Desse modo, este modelo não conseguiria explicar o fenômeno da eletrização¹⁰ observado no experimento. Além disso, levando-se em consideração que um dos entraves nos processos de ensino e aprendizagem dos modelos atômicos é a dificuldade dos estudantes de estabelecer relação entre o modelo e o fenômeno, nesse evento temos a intenção de discutir essa relação.

O experimento consiste de dois balões cheios de ar que devem ser eletrizados a partir do atrito com um pedaço de lã. Posteriormente, duas pessoas devem aproximar os balões de uma lata de refrigerante, de modo que os balões fiquem de lados opostos para que exerçam uma força sobre a lata, como ocorre em uma brincadeira de “cabo de guerra”.

Desse modo, a partir da realização do experimento e do questionário proposto na unidade didática (anexo 1) o objetivo é que os estudantes discutam e avaliem as limitações do

¹⁰ A eletrização por atrito ocorre a partir da transferências de cargas (elétrons) entre corpos ou suas partes. No caso do experimento proposto na UD, ao atritar a lã com um balão, as cargas seriam transferidas de um material para o outro, fazendo com que eles ficassem carregados eletricamente e atráíssem materiais eletricamente neutros.

modelo de Dalton (com base nas evidências do experimento) para explicar o fenômeno observado. A partir daí, temos a intenção de introduzir o modelo de Thomson a partir da necessidade de um novo modelo para o átomo que explique o fenômeno visto no experimento.

4. Modelo atômico de Thomson

Nesse momento, a partir da leitura do texto (anexo 1) que apresenta as informações sobre o átomo de Thomson, os estudantes são solicitados a criar, avaliar e escolher modelos e analogias que consideram adequados para expressar as ideias daquele átomo.

5. Apresentação da analogia do “plum pudding”

Nesse evento é retomado o experimento realizado no momento 3 (sobre a eletrização por atrito) e os estudantes devem discutir sobre a relação entre o fenômeno e o modelo.

Posteriormente, é apresentado aos estudantes a “analogia do pudim de passas”. A partir daí, eles são solicitados a escolherem pela melhor comparação (entre a comparação que eles mesmos criaram e a comparação com o “pudim de passas”) para explicar o fenômeno observado. A apresentação da analogia deve ocorrer a partir do mapeamento entre o modelo atômico de Thomson e o “plum pudding” (apresentado na figura x).

A intenção desse momento é que os estudantes analisem, à luz das informações disponibilizadas para eles (através dos textos históricos), o melhor análogo para explicar o fenômeno, e, conseqüentemente, o modelo atômico de Thomson. É importante ressaltar que ao propormos essa situação de contraste entre os análogos levamos em consideração os resultados do trabalho conduzido por Emig *et al.* (2014), pois no contexto de pesquisa dos autores, os estudantes argumentaram em situações que envolveram a análise comparativa de análogos para explicar conceitos físicos, como força de resistência.

Contudo, mesmo que esse momento da UD envolva a análise comparativa de análogos, nossa proposição se diferenciava daquela apresentada na pesquisa de Emig *et al.* (2014) pelo fato de envolver uma analogia comumente apresentada nos livros didáticos (analogia com o “pudim de passas”). Desse modo, temos a intenção de analisar se os estudantes se envolvem em interações argumentativas e se eles tem uma postura crítica sobre aquela analogia que é amplamente difundida no ensino. Isso porque, na analogia com o “pudim de passas”, a correspondência estabelecida entre as passas e os elétrons não se encontra de acordo com a

dinamicidade do átomo proposto por Thomson – segundo o qual, existe movimentação dos elementos que o compõem (Lopes & Martins, 2009).

Apresentação da Unidade Didática para as professoras

Além da leitura da unidade didática, feita individualmente pela professora colaboradora da pesquisa, antes do emprego desse material em sala de aula, foram realizadas duas reuniões entre a autora e as orientadoras desse trabalho e a professora colaboradora.

Na primeira reunião, a pesquisadora fez uma apresentação da unidade didática buscando expor os momentos previstos no material e o objetivo de cada momento. A professora ainda não havia terminado a leitura do material nessa primeira reunião (que foi enviado somente 2 dias antes do primeiro encontro). Desse modo, foi combinado um próximo, encontro buscando auxiliar a professora nas dúvidas que poderiam surgir após a finalização da leitura.

Durante a segunda reunião, a professora não demonstrou dúvidas sobre o material e as instruções contidas nele. No entanto, ela questionou sobre como transpor para o ensino os aspectos da solubilidade dos gases – que é apresentado no momento de discussão sobre o conceito de massas relativas proposto por Dalton. A partir desse questionamento da professora chegamos a um consenso de que seria viável uma discussão apenas introdutória desses aspectos da solubilidade dos gases com os estudantes. Isto foi acordado, porque os conhecimentos prévios dos estudantes no primeiro ano do ensino médio não permitiriam discussões mais profundas sobre essa questão. Dessa forma, a discussão realizada com os estudantes seria somente na intenção de que eles compreendessem a construção do modelo e o andamento dos trabalhos de Dalton que possibilitaram o desenvolvimento das ideias dele sobre o átomo.

Ao final dessa segunda reunião, foi decidido que não seria necessário o agendamento de outros encontros para discutir a unidade didática, pois a professora demonstrou estar ciente das discussões e dos objetivos apresentados no material da UD. Além disso, as pesquisadoras se prontificaram a responder (através de e-mails, ligações ou mensagens) qualquer dúvida que surgisse por parte da professora colaboradora.

Ademais, durante o processo de execução da UD em sala de aula não ocorreu nenhum momento em que a professora solicitasse esclarecimento da pesquisadora sobre qualquer aspecto previsto na UD.

4.3 Metodologia de análise dos dados

Num primeiro momento, a pesquisadora assistiu todos os vídeos das aulas que envolveram o desenvolvimento da UD e transcreveu todos os momentos em que ocorreram comunicação sobre as atividades entre os estudantes com seus colegas, com a professora colaboradora e com a pesquisadora.

A transcrição foi feita a partir da conjugação entre a visualização dos vídeos, escuta dos áudios, consulta das atividades escritas, dos desenhos, dos gestos utilizados pelos estudantes durante suas falas e dos modelos concretos feitos por eles.

Após a transcrição dos dados, a pesquisadora selecionou os momentos em que ocorreram interações argumentativas. Essa seleção foi feita à luz do modelo de Baker (2009), apresentado na seção a seguir (visando a discussão da primeira questão de pesquisa). Como durante a transcrição foram conjugados diferentes recursos obtidos na coleta de dados, eles foram auxiliares para compreender, com maior clareza, as concepções dos estudantes. Além disso, a conjugação entre os registros de vídeo e áudio e os aspectos representacionais (desenhos, modelos concretos, analogias e gestos) presentes nos dados, é importante para análise sobre a relação das representações, em especial das analogias, para a ocorrência de interações argumentativas naquele contexto de ensino (visando a discussão da segunda questão de pesquisa).

Durante a análise das interações argumentativas julgamos importante refletir sobre as *explicações* que ocorreram naquelas interações. Isso porque, de acordo com Baker (2009), as explicações encontram-se atreladas ao processo argumentativo e, inclusive, uma das formas de se ocorrer aprendizagem a partir das interações argumentativas é através da expressão de argumentos e *explicações*.

Além disso, consideramos que para compreendermos mais sobre o processo argumentativo seria importante analisarmos as explicações que apareceram durante esse processo.

Nossa reflexão sobre as explicações nos forneceu evidência sobre o processo de aprendizagem vivenciado pelos estudantes, porque as explicações elaboradas por eles nos forneceram indícios do desenvolvimento de ideias coerentes com o conhecimento científico. Além disso, as explicações (defesas de posicionamento ou simplesmente esclarecimento) nos permitiram perceber a função da interação argumentativa (colaborativa ou não). Desse

modo, nossa reflexão sobre as explicações nos auxiliou a responder a terceira questão de pesquisa sobre a (re)construção de conhecimentos científicos pelos estudantes e como se deu esse processo.

Antes da apresentação das interações argumentativas (no capítulo resultados e discussões) foi feita uma caracterização do momento em que ocorreu aquela situação na sala de aula na apresentação dos dados, com a intenção de auxiliar o leitor na compreensão do contexto. Para uma melhor compreensão do leitor sobre o diálogo, colocamos, sempre que necessário, esclarecimentos sobre as falas entre colchetes.

As interações argumentativas foram apresentadas em quadros com três colunas, as quais se referem aos turnos de fala, às falas transcritas e os esclarecimentos sobre as mesmas.

Todas as comparações mapeadas pelos estudantes foram dispostas em quadros com o objetivo de apresentar as correspondências e limitações identificadas por eles. Além disso, tínhamos a intenção de reconhecer o tipo de comparação elaborada pelos estudantes (comparação de mera aparência, similaridade literal e analogia), buscando observar possíveis relações entre os tipos de comparações e o processo argumentativo. Para análise dos tipos de comparações nos baseamos na tipologia proposta por Gentner (1989).

Buscando garantir o sigilo da identidade dos participantes da pesquisa utilizamos nomes fictícios para nos referir aos estudantes, aos grupos e à professora colaboradora. Quando nos referirmos a uma opinião consensual do grupo utilizaremos o nome 'grupo' seguido de um número natural, por exemplo, grupo1. A pesquisadora será denominada P e a professora Pr.

Foi realizada triangulação dos dados entre as pesquisadoras (autora, orientadora e co-orientadora deste trabalho) a partir da checagem das interações argumentativas com a intenção de identificá-las, avaliar se estariam coerentes com as ideias de Baker (2009) sobre argumentação e classificá-las de acordo com o modelo proposto pelo autor. As explicações também foram analisadas buscando identificar a função das mesmas nos processos argumentativos (esclarecimento ou defesa de posicionamento). Também realizamos triangulação para avaliar a consistência da nossa categorização das comparações com a

tipologia de Gentner (1989). As análises iniciais foram discutidas com o grupo de pesquisa¹¹, que também auxiliou as pesquisadoras na proposição do instrumento de análise das interações argumentativas. Após consenso no grupo de pesquisa sobre a metodologia adotada, as análises foram feitas, inicialmente, pela pesquisadora, e depois pelas orientadoras, separadamente, na busca de consenso.

Ao finalizarmos a análise de todas as interações argumentativas (no capítulo de resultados e discussões) apresentamos uma seção de síntese com os objetivos de apresentar algumas ideias centrais e de discutir as questões de pesquisas. Por isso, as sínteses foram divididas em três subseções: 1- Ocorrência das interações argumentativas durante os eventos da UD, 2- Relação dos momentos de criação e revisão de comparações com os tipos de interações argumentativas, 3- Evolução do entendimento conceitual dos estudantes: processos argumentativos versus tipos de comparações.

4.3.1 As Interações argumentativas e as Explicações

Nesse trabalho, intitulamos “interações argumentativas” as interações em que ocorreram argumentação segundo o modelo proposto por Baker (2009), (Figura 2). A escolha do modelo foi feita especialmente por dois fatores: (i) os momentos que envolviam argumentação em nosso trabalho eram caracterizados, especialmente, pela tentativa dos estudantes em decidir entre análogos e/ou comparações (que foram considerados “teses”); e (ii) os estudantes encontravam-se em um contexto de resolução de problemas.

Além dos pontos destacados anteriormente, é importante ressaltar que Baker (2009) afirma que o modelo é relevante para se analisar situações de sala de aula. Isso porque, para o autor, nesse ambiente os estudantes estão envolvidos num processo de elaboração e reelaboração de ideias, no qual, a natureza das ideias desses estudantes podem ser essencialmente instáveis (como no caso aqui analisado).

A intenção de Baker (2009) ao produzir o modelo de possibilidades de interações argumentativas era compreender as interações que ocorrem entre os estudantes em sala de aula e, a partir da variação dessas interações, entender mais sobre a construção social do conhecimento pelos estudantes.

¹¹ Grupo de Estudos sobre Práticas Científicas e Educação em Ciências, coordenado pelas professoras orientadoras desta dissertação.

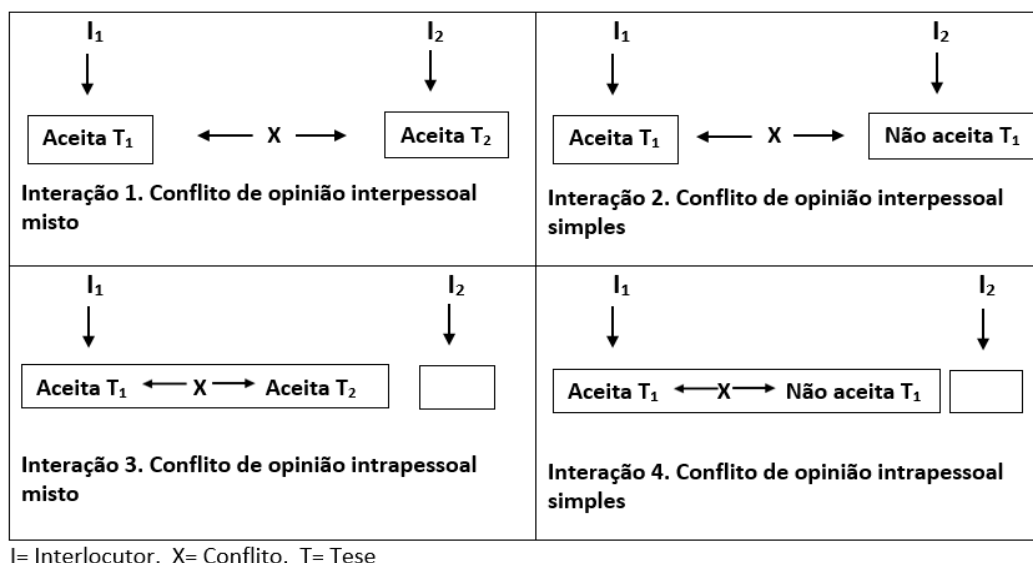


Figura 2. Possibilidades de interações argumentativas segundo Baker (2009)

[figura adaptada do trabalho de Mendonça e Justi (2013)]

A partir do seu modelo, Baker (2009) propõe possibilidades de interações argumentativas quando os indivíduos (que ele denomina interlocutores “I”) tentam resolver um problema do tipo *interlocutionary*¹², no qual a tese (T), cuja a aceitação é determinada com base em argumentos, será uma suposta solução para o problema em questão.

Em nosso trabalho, os indivíduos (I) que participaram das interações argumentativas foram os estudantes, a professora colaboradora e a pesquisadora. Os tipos de teses (T) discutidas por eles foram: análogos, modelos, analogias e outros tipos de comparações. Consideramos as comparações, os análogos e os modelos sugeridos pelos estudantes como “teses”, porque a partir deles os estudantes expressavam suas ideias sobre o conceito. Desse modo, ao discutirem sobre suas comparações, análogos ou modelos, os estudantes estavam discutindo sobre as ideias que fundamentavam suas representações.

No modelo (Figura 2) podemos observar quatro possibilidades de interações argumentativas, denominadas: conflito de opiniões interpessoal misto, conflito de opiniões interpessoal simples, conflito de opiniões intrapessoal misto e conflito de opiniões intrapessoal simples.

¹² Problemas que requerem uma decisão em conjunto ou uma combinação de soluções para resolvê-lo.

Baker (2009) denomina os conflitos do tipo *interpessoal* quando acontecem entre dois indivíduos com opiniões distintas. No conflito *intrapessoal*, somente um indivíduo encontra-se num dilema com suas próprias opiniões e, nesse caso, o papel do segundo indivíduo será auxiliar o indivíduo 1 a decidir sobre seus conflitos. As interações dos tipos conflitos *mistos* e *simples* envolvem, respectivamente, duas teses distintas e somente uma tese. As setas duplas indicam que um dos requisitos para se ocorrer argumentação é a necessidade da escolha entre as soluções (Baker, 2009).

Poderíamos pensar que uma interação argumentativa comum seria quando um estudante elabora um argumento com a intenção de convencer o colega sobre sua ideia (tese), como propõe a interação argumentativa 2 do modelo de Baker (2009): o estudante 1 aceita uma determinada tese (aceita a tese 1) e o estudante 2 não aceita aquela tese (não aceita a tese 1). Desse modo, afim de convencer o estudante 2 sobre a sua tese, o estudante 1 produz um argumento.

No entanto, através do modelo de Baker (2009) (Figura 2) observamos que as possibilidades de interações argumentativas envolvendo estudantes são muito mais variadas do que essa descrita na interação 2 e o objetivo dessas interações vão além da tentativa de convencer alguém. Isso porque, embora nas interações 1 e 2 (mostradas na figura 1) existam pontos de vista opostos, nem sempre isso significa que haverá a refutação da ideia do outro tentando promover a sua própria ideia. Como ressalta Baker (2009), pensando-se na situação de sala de aula, muitas vezes, os estudantes não estão muito certos sobre as suas propostas (teses), e, nesse caso, cada um pode proporcionar um argumento (a favor ou contra cada uma das soluções em discussão) na tentativa de cooperar para se chegar a uma decisão intersubjetiva. Desse modo, as interações podem assumir diferentes funções, pois ora podem ocorrer com a função de *cooperação* e ora com a função de *refutação*.

Nas interações 3 e 4, há conflitos de opiniões intrapessoal, nesses casos, não ocorre o conflito de ideias entre interlocutores e sim, um conflito individual, no qual o interlocutor 1 expressa soluções divergentes e o interlocutor 2 tem a intenção de, durante a interação, auxiliá-lo a tomar a melhor decisão através da expressão de informações adicionais que possam colaborar para a decisão do interlocutor 1.

Em nosso trabalho, para classificarmos as interações argumentativas, inicialmente selecionamos os diálogos em que ocorria a resolução de problemas pelos estudantes. O recorte era iniciado no momento da problematização para os estudantes e finalizava no momento em que o problema havia sido resolvido por eles. Desse modo, procurávamos ser coerentes com as ideias de Baker (2009), que afirma que o conflito argumentativo ocorre na intenção de se resolver problemas do tipo *interlocutionary* e só termina quando esse problema é resolvido.

Dividimos o diálogo da interação argumentativa em partes no caso em que a interação era extensa e analisamos cada parte levando em consideração as ideias discutidas durante todo o diálogo.

Ao selecionarmos o modelo de Baker (2009) para a análise das interações argumentativas observamos que alguns trabalhos na área de ensino de ciências (como por exemplo, Mendonça & Justi, 2013b; Oliveira et al., 2015) também utilizaram o modelo para auxiliar a identificar as interações argumentativas dos estudantes. Através desse modelo, as autoras citadas identificaram a argumentação em situações em que não existiam duas teses explícitas. As pesquisas citadas ocorreram no contexto de modelagem no ensino de química e a discussão girava em torno da pertinência de um modelo para explicar algum conceito químico. Dessa forma, ao considerarem como tese os modelos discutidos no processo de modelagem, foi possível identificar a argumentação atrelada a esses modelos durante esse processo. Mendonça e Justi (2013b) afirmam que o modelo de Baker (2009) pode auxiliar satisfatoriamente na visualização de interações argumentativas que poderiam não ter sido visualizadas se, por exemplo, utilizassem outro modelo de referência que não enfatizasse a ocorrência de interações argumentativas entre um sujeito (ou grupo de sujeitos) que está em dúvida sobre uma única tese. Nesse sentido, os resultados e discussões dos trabalhos citados anteriormente nos auxiliaram na visualização do potencial do modelo de Baker (2009) para análise das interações argumentativa.

Como dito anteriormente, também foi a partir das concepções de Baker (2009) que percebemos que as explicações encontram-se atreladas ao processo argumentativo, por isso, decidimos avaliar as explicações que apareceram durante o processo. Segundo Baker (2009) um dos processos de aprendizagem que pode ocorrer durante as interações argumentativas é a *expressão de argumentos*. Nesse tipo de aprendizagem podem aparecer

explicações com as funções de *esclarecimento* e de *defesa de argumentos*. Essas funções também são destacadas por Berland e Reiser (2009) como sendo das explicações atreladas aos processos argumentativos. Optamos por analisá-las desse modo e com base nessas funções.

4.3.2 Tipologia das comparações

As comparações criadas e mapeadas pelos estudantes durante as interações argumentativas foram classificadas de acordo com a tipologia de Gentner (1989). Segundo a autora, as comparações podem ser diferenciadas de acordo com os tipos de similaridades estabelecidas entre os domínios análogo e alvo. Alguns dos tipos mais comuns de comparações são: *mera aparência, similaridade literal e analogias*.



Quando as comparações se restringem a atributos de objetos, ou seja, correspondências de similaridades físicas e superficiais entre os dois domínios comparados, elas são chamadas de comparações de mera aparência. No caso em que os dois domínios compartilham, além das similaridades físicas, relações (estruturais, funcionais, causais etc.), as comparações são chamadas de similaridade literal. São chamadas de analogias os casos em que as comparações entre os dois domínios são, exclusivamente, de similaridades relacionais (Gentner, 1989).

Utilizamos a tipologia de Gentner (1989) para classificar as comparações, porque acreditamos, assim como a autora, que comparações puramente relacionais como as analogias possibilitam abstrações sobre o domínio alvo e, portanto, são indicativas de uma compreensão mais elaborada do mesmo do que aquelas fundamentadas apenas em similaridades físicas (comparações de mera aparência) ou mesmo em ambas as similaridades (similaridade literal).

Como salientado anteriormente nesse capítulo, classificamos os tipos de comparações criadas pelos estudantes com intuito de observar as relações que poderiam existir entre o processo argumentativo e a discussão gerada pelos tipos de comparações.




Produzimos quadros com intuito de explicitar as correspondências entre os domínios e as limitações sugeridas pelos estudantes e de classificarmos o tipo de comparação. A seguir apresentamos um exemplo de cada tipo de comparação que apareceu durante as interações

argumentativas (Quadros 1, 2 e 3) para esclarecer as representações utilizadas e ilustrar os diferentes tipos de comparação.

Birosca (análogo)	Correspondências	Modelo atômico de Dalton (alvo)
Esférica		Esférico
Penetrabilidade		Impenetrabilidade


Quadro 1. Exemplo de comparação classificada como mera aparência


Observamos no quadro 1 um exemplo de comparação criada pelos estudantes durante uma interação argumentativa e que foi classificada como mera aparência. A seta dupla descontínua indica que a similaridade entre os dois domínios trata-se de um atributo de objeto, ou seja, da característica física 'esférico' similar aos dois domínios. O símbolo de diferente indica que os estudantes destacaram uma diferença entre os dois domínios, ou seja, uma limitação daquela comparação.

Halter (análogo)	Correspondências	Modelo atômico de Dalton (alvo)
Diferença de massas e pesos dos halteres		Diferença de massas e pesos dos átomos
Esférico		Esférico
Ligação física entre as esferas		Ausência de ligação física entre as esferas que representam o átomo

Quadro 2. Exemplo de comparação classificada como similaridade literal

No Quadro 2, observamos um exemplo de comparação que foi classificada como similaridade literal. Observamos que os estudantes destacaram uma correspondência de similaridade superficial entre os dois domínios (seta dupla descontínua) e uma similaridade relacional entre eles. A seta dupla preenchida indica que os estudantes apontaram uma similaridade relacional entre os dois domínios, nesse caso, a correspondência foi sobre o fato de ambos os domínios envolverem diferença de massas e pesos.

Roda de bicicleta (análogo)	Correspondências	Modelo atômico de Thomson (alvo)
Aro girando na roda		Elétrons girando em anéis dentro do átomo

Aro girando conforme o movimento da roda		Anel girando independente da movimentação da esfera
--	---	---

Quadro 3. Exemplo de comparação classificada como analogia

Finalmente, no Quadro 3, observamos uma comparação que foi criada pelos estudantes e classificada como analogia. Como visto, os estudantes destacaram por meio da comparação uma similaridade relacional entre os domínios: aquela associada à movimentação similar de entidades dos dois domínios (seta preenchida). Por isso, a classificamos como analogia.

Capítulo 5. Resultados e discussões

Esse capítulo é destinado à análise das interações argumentativas que ocorreram durante o desenvolvimento da Unidade Didática na turma 1. Cada interação argumentativa é apresentada através da transcrição do diálogo, antes de cada diálogo é apresentado o contexto daquela interação e após a transcrição é feita a análise da mesma. Cada conflito ocorre para a resolução de um problema distinto e esses problemas são apresentados durante cada análise. Os modelos, comparações e análogos discutidos pelos estudantes, constituem o que denominamos teses, uma vez que eles estavam sendo utilizados pelos estudantes para expressar suas ideias e as soluções para a resolução dos problemas.

5.1 Análise das interações argumentativas

5.1.1 Interação argumentativa 1

Tipo de interação: Conflito de opinião interpessoal simples.

Contexto: *Evento 2 da unidade didática* – os estudantes estavam discutindo as características do modelo atômico de Dalton e o objetivo era que eles propusessem modelos para representar aquele átomo.

TURNOS DE FALA	TRANSCRIÇÃO	ESCLARECIMENTOS
1	[Pr]: <i>E aí gente... Como vocês imaginam que vai ser o átomo? Quais são as características dele? Que foi descrito por Dalton...</i>	A professora cria a situação problema: representar o átomo descrito por Dalton.
2	[Caio]: <i>Maciça, dura...</i>	O estudante começa a expressar suas ideias sobre o átomo.
3	[Pr]: <i>hum...</i>	A professora escuta as ideias dos estudantes, sem opinar.
4	[Caio]: <i>Com massa e peso, não é?</i>	O estudante procura concordância dos colegas e da professora para a sua afirmação.
5	[Pr]: <i>Tá... Onde vocês viram isso?</i>	A professora pede que o estudante apresente o fundamento de suas ideias.
6	[Caio]: <i>Aqui no texto...</i> [aponta para o texto]	Estudante afirma que ele e seus colegas se basearam nas informações apresentadas no texto escrito fornecido durante a atividade.
7	[Pr]: <i>Essas seriam então as características do átomo descrito por Dalton, né?! Aí vocês tem que representar agora como seria uma representação para esse átomo de Dalton, vocês precisam imaginar para conseguirem descrever esse átomo para outras pessoas... Então, façam a representação dele aí... Como ele é, se ele tem essas características que vocês me disseram?</i>	A professora novamente problematiza solicitando que os estudantes expressem suas representações.
8	[Carlos]: <i>Redondo uai... Ele não é esférico?</i>	Apresenta uma nova informação sobre o átomo.
9	[Pr]: <i>Hum...Seria redondo? Faz aí para eu ver.</i>	A professora instiga os estudantes a representar.
10	[Carlos]: <i>Faz aí Caio, assim...</i> [faz gestos com as mãos simulando uma esfera]	Expressa suas ideias.
11	[Pr]: <i>Aqui [dirigindo-se ao Carlos], você também tem uma massinha aqui, pode fazer...</i>	A professora solicita a expressão das ideias através de outras formas de representação.
12	[Pr]: <i>O Carlos está falando que é esférico, beleza... Mas, tem mais alguma outra característica gente?</i>	A professora questiona os estudantes se aquela representação de uma esfera expressa todas as

		ideias sobre o átomo.
13	[Carlos]: <i>Deixa eu ver...</i> [Faz a releitura do texto] <i>Fala que nenhum poder pode dividi-la e que é impenetrável.</i>	Busca no texto informações sobre o átomo para fundamentar suas ideias e apresenta uma nova informação.
14	[Pr]: <i>Hum... tá! E aí, tem mais alguma coisa que vocês querem representar nessa esfera que estão fazendo?</i> [os estudantes ficam em silêncio] <i>Por exemplo, pensando na molécula de oxigênio, como vocês representariam a molécula de oxigênio pensando nos átomos da molécula? A molécula de oxigênio possui dois átomos de oxigênio, não é? Ela não é representada por O₂? Ela tem dois átomos de oxigênio. Mas como poderíamos representar esses dois átomos de oxigênio? Como eles estariam?</i>	A professora novamente problematiza a representação do átomo.
15	[Caio]: <i>Misturados...</i> [o estudante faz a representação de massinhas de tamanho menor sendo unidas e formando uma esfera de tamanho maior]	O estudante expressa sua ideia em um modelo concreto – tese 1 (ver figura 4).
16	[Pr]: <i>Hum... Misturados... Vocês concordam?</i>	A professora não se posiciona sobre a ideia de Caio.
17	[Carlos]: <i>Não...</i>	Carlos não aceita a ideia de Caio.
18	[Pr]: <i>Porque?</i>	A professora questiona o motivo de Carlos não aceitar a ideia de Caio.
19	[Carlos]: <i>Porque aqui, quer ver...</i> [volta na leitura do texto] <i>Ela é impenetrável ué.. Se é impenetrável, não se mistura.</i>	Carlos refuta a ideia de Caio. Os estudantes se referem ao termo “mistura” pensando na junção de dois átomos (duas esferas) formando uma molécula (uma única esfera).
20	[Pr]: <i>Hum... Vocês concordam gente?</i>	A professora questiona se os outros estudantes aceitam a refutação. Eles respondem fazendo sinal positivo ao balançarem a cabeça.

Quadro 4. Diálogo da interação argumentativa 1

O problema que foi solucionado durante a interação se referiu à expressão de um modelo para o átomo proposto por Dalton. No diálogo apresentado no Quadro 4 ocorreu uma interação do tipo *interpessoal simples*. O conflito é do tipo *interpessoal*, porque ocorreu entre os estudantes Carlos e Caio. É *simples* porque envolveu a decisão entre aceitação ou não de somente uma tese.

A situação de conflito de opiniões ocorreu especialmente naquele momento em que o estudante Caio sugeriu a representação de uma molécula de O₂ com a ideia de dois átomos – duas esferas de tamanho menor – se “transformando” em uma nova molécula – esfera de tamanho maior – (tese 1) (Figura 3). Carlos não aceitou a representação sugerida por Caio e a refutou com base na informação contida no texto de que os átomos seriam impenetráveis. Os demais colegas e, especialmente Caio, mudaram de opinião rejeitando aquela representação (tese 1). Portanto, o processo que ocorreu na interação argumentativa 1 pode ser caracterizado como uma *mudança de opinião* do tipo “refutação-rejeição” (Baker, 2009).

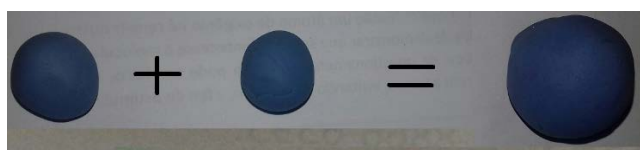


Figura 3. Representação da Tese 1

É interessante notar que os estudantes só entraram em conflito quando um deles sugeriu uma representação incoerente com as informações encontradas no texto sobre o átomo. Isso nos possibilita perceber que os estudantes estavam, desde o início do diálogo, num processo de elaboração de modelos mentais e de negociação de suas representações (turnos 8 e 10). Devido ao caráter abstrato de vários conceitos científicos, representações são frequentemente utilizadas para viabilizar ou facilitar a comunicação e compreensão deles (Padilha & Carvalho, 2011; Piccini & Martins, 2004). Na interação argumentativa percebemos que o discurso não ficou restrito apenas ao modo verbal, o que favoreceu e expressão das ideias e a negociação de significados pelos estudantes. Baker (2009) afirma que a negociação de *significados* é parte integrante das interações argumentativas, sendo que para esse contexto, que envolveu a criação e crítica de modelos, a negociação foi sobre as *representações* das entidades que os estudantes modelaram. Desse modo, antes de

ocorrer o processo de “refutação-rejeição” os estudantes já encontravam-se em um processo de “negociação de suas representações”.

O diálogo entre Carlos e Caio (turno 15) também evidenciou a importância das representações para se avançar no entendimento (Oliveira et al., 2015). Isso porque, Carlos conseguiu perceber que o modelo era incoerente com as descrições previstas para o átomo de Dalton (indivisível) a partir da representação de duas bolas se “misturando”.

Além disso, é importante ressaltar o papel que o texto escrito apresentou durante o diálogo, pois os estudantes fundamentaram suas ideias a partir de informações que foram apresentadas nele. Lyne (1990) discute que, no meio acadêmico, argumentos e informações que são apresentados por meio de textos impressos (por exemplo, artigos) podem envolver uma vasta gama de leitores em um grande período de tempo. Desse modo, o autor afirma que os leitores poderão discutir, argumentar e dialogar com autores que serão desconhecidos e não estarão presentes e poderão, inclusive, ser pessoas falecidas. Embora o nosso contexto de pesquisa não tenha sido o meio acadêmico, observamos que nessa e em outras situações os estudantes “dialogavam” com as ideias dos cientistas presentes no texto (turnos 3, 11, 17) quando eles buscavam por informações para fundamentar suas ideias.

5.1.2 Interação argumentativa 2

Tipo de interações: Conflito de opinião intrapessoal simples; Conflito de opinião interpessoal misto

Contexto: *Evento 2 da unidade didática* – os estudantes haviam discutido as características do modelo atômico de Dalton e proposto modelos para representar o átomo (como visto na interação 1). Após esse momento, eles foram solicitados a criar analogias que auxiliassem na expressão e compreensão daquele modelo atômico.

TURNOS DE FALAS	TRANSCRIÇÃO	ESCLARECIMENTOS
INÍCIO DA INTERAÇÃO ARGUMENTATIVA DO TIPO INTRAPESSOAL SIMPLES		
1	[P]: <i>É, quero que vocês façam uma comparação...</i>	Os estudantes precisam decidir sobre qual será o análogo proposto pelo grupo para ser comparado com o átomo de Dalton.
2	[João]: <i>É, a gente comparou tipo... Como é o nome do negócio?</i>	Análogo proposto: Halter.
3	[Carlos]: <i>Halter!</i>	Auxilia o colega ao relembrar o nome do análogo.
4	[João]: <i>É, halter...Aquele peso de academia. Eles são iguais, mas têm pesos diferentes.</i>	Utiliza explicação para esclarecer aspectos do análogo para a pesquisadora.
5	[P]: <i>Hum... Entendi. Mas só isso que é comparável? Tem alguma outra semelhança? Desenha o halter para eu ver como é...</i>	A pesquisadora solicita mais detalhes sobre o análogo e sobre as relações de similaridade que ele estabelece com o átomo.
6	[João]: <i>É tipo assim... [faz o desenho]. É tipo um pesinho que você pega... [faz gestos com a mão de levantamento de peso]</i>	Utiliza explicação para esclarecer aspectos do análogo para a pesquisadora.
7	[P]: <i>Hum...Então gente, aí... Deixa eu perguntar para vocês aqui, o halter ele tem tamanhos diferentes né, que vocês me falaram. E aí as esferas estão ligadas, certo? Ligadas pelo ferro onde você segura para fazer o exercício, certo? E aí, vocês estão comparando esse halter com o átomo, certo? Me explica como seria feita essa comparação. Todos do grupo podem ajudá-lo gente.</i>	A pesquisadora procura compreender o análogo escolhido pelos estudantes e os incentiva a explicitarem as relações de similaridade entre o análogo e o alvo.
8	[P]: <i>É isso mesmo gente. É só para que eu possa entender o que vocês pensaram...</i>	A pesquisadora incentiva os estudantes a se posicionarem.
9	[João]: <i>É tipo assim. A gente pensou em dois pesos de halter. Eles são redondos, são iguais e têm pesos diferentes...</i>	O estudante explicita as relações de similaridade entre o halter (análogo) e o modelo atômico de Dalton (alvo) (tese 1).
10	[P]: <i>Hum... Entendi. Tem as mesmas características, mas pesos distintos... Mas aí, vamos lembrar lá, quais eram as características do átomo que Dalton propôs. Quais eram as características?</i>	A pesquisadora retoma aspectos do modelo atômico de Dalton para que os estudantes observem se existe alguma outra relação que pode ser estabelecida entre os dois domínios e para que eles, decidam se aquela analogia será eleita para expressar o átomo de Dalton.

11	[Carlos]: <i>É... Sólidas...</i>	Ressalta característica do átomo.
12	[P]: <i>Sólidas. O material que vocês estão comparando tem essa característica? É sólido?</i>	Questiona sobre a possibilidade de estabelecer relação entre o análogo e o alvo.
13	[Carlos]: <i>É...</i>	Afirma sobre a relação entre os domínios.
14	[P]: <i>Então, uma semelhança...</i>	Concorda com a relação estabelecida.
15	[Carlos]: <i>É... Com massas e pesos distintos...</i>	Ressalta nova característica do átomo.
16	[P]: <i>Podemos comparar isso?</i>	Questiona sobre a possibilidade de estabelecer relação entre o análogo e o alvo.
17	[Carlos]: <i>Pode...</i>	Afirma sobre a relação entre os domínios.
18	[P]: <i>Então beleza, mais o que?</i>	Concorda com a relação estabelecida.
19	[Carlos]: <i>Maciças...</i>	Ressalta nova característica do átomo.
20	[P]: <i>Maciças?</i>	Questiona sobre a característica do átomo.
21	[Carlos]: <i>É...</i>	Afirma a presença da característica ressaltada.
22	[Marcelo]: <i>Duras...</i>	Ressalva nova característica do átomo.
23	[Carlos]: <i>Impenetráveis... Móveis... Esféricas, as duas pontas dela [se referindo ao halter] são esféricas. E que nenhum poder comum seria capaz de dividi-la.</i>	Ressalta várias características do átomo.
24	[P]: <i>Aí nesse caso... Como estamos pensando em uma situação real, não seria comparável.</i>	Afirma que não possível estabelecer comparação sobre a característica de indivisibilidade do átomo.
25	[Carlos]: <i>É...</i>	Concorda com a afirmação da professora.
26	[P]: <i>Aí então, eu tenho uma coisa para perguntar para vocês. Nesse caso aqui [aponta para o desenho do halter feito pelo aluno], uma esfera está ligada com a outra, né? No entanto...</i>	A pesquisadora tem a intenção de explicitar uma das limitações da analogia sugerida pelos estudantes.
27	[João]: <i>É, ele não solta [se referindo a esfera], mas a gente só pegou</i>	O estudante argumenta em defesa da tese 1 (analogia com o

	[escolheu a comparação] <i>por causa da esfera e do peso</i> [pelo fato de terem halteres de pesos distintos]	halter).
28	[P]: <i>Entendi... vocês só queriam comparar essa esfera que está aqui</i> [aponta para a esfera na ponta] [nesse momento, o estudante Caio já tinha modelado com a massinha uma miniatura do halter e a pesquisadora encontrava-se com o modelo em mãos demonstrando as partes]	A pesquisadora utiliza a representação feita pelo estudante para esclarecer aspectos sobre a analogia proposta.
29	[João]: <i>É...</i>	Concorda.
30	[P]: <i>Então, essa ligação</i> [mostrando a parte referente no modelo concreto] <i>entre as duas esfera é uma diferença, vocês concordam? Por que no caso do átomo, a gente representou assim...</i> [aponta para a esfera que o estudante tinha modelado para representar o átomo]	A pesquisadora realça a limitação da analogia utilizando as representações modeladas pelos estudantes.
31	[João]: <i>Então, a gente pode mudar de coisa</i> [se referindo ao análogo]?	João parece não aceitar o análogo devido à limitação do mesmo.
32	[P]: <i>Pode mudar... No entanto, quando a gente compara alguma coisa, qualquer coisa que a gente for comparar vão ter aspectos que não são iguais, concordam? Então, são aspectos diferentes, que não podem ser comparados. E, nessa comparação de vocês o que a gente percebe é que tem esse aspecto que não pode ser comparado. Mas, ao mesmo tempo a gente viu muitas características que podem ser comparadas entre esses dois domínios, o modelo que vocês fizeram para o átomo de Dalton e o halter. Então eu quero agora que vocês escrevam os aspectos que podemos comparar e o que não podemos comparar ai na folha.</i>	A pesquisadora esclarece aos estudantes sobre o conceito de analogias para que eles decidam se aquele é o melhor análogo. Nesse momento a pesquisadora deixou o grupo para que os estudantes discutissem sozinhos as ideias deles.
33	[João]: <i>Acabamos professora</i> [se referindo à pesquisadora]...	A pesquisadora instiga os estudantes sobre a possibilidade de mais análogos para expressar o átomo proposto por Dalton.
34	[P]: <i>Acabaram? Vocês conseguiram pensar em outra coisa</i> [se referindo ao análogo] <i>ai?</i>	Questiona o posicionamento dos estudantes.
35	[João]: <i>Eu tenho outra ideia... Tipo, aquelas bolas de canhão assim, de antigamente... Que tinham algumas que eram maiores e outras menores</i>	Novo análogo: bola de canhão; correspondência entre os domínios: diferença de massas (tese 2).
36	[Carlos]: <i>Birosca...</i>	Novo análogo: birosca; correspondência entre os domínios: esféricos (tese 3).

37	[João]: <i>É...</i>	Concorda com o análogo sugerido pelo colega.
38	[Caio]: <i>É mesmo hein? Tem cocão...</i> [fazendo gesto de uma circunferência com a mão]	Para o estudante, o cocão corresponde a bola de gude. O estudante expressa o aspecto a ser comparado entre os dois sistemas (o fato de serem esféricos).
39	[P]: <i>E aí... Olha só, vocês já pensaram em outras coisas... Vamos esperar todos terminarem de escrever que eu tenho uma pergunta para o grupo...</i> [aguarda os estudantes terminarem] <i>Gente, agora vamos pensar aqui... Vocês falaram da bola de canhão, da birosca e do halter. Qual dessas comparações vocês acham que é a melhor para representar o átomo?</i>	A pesquisadora problematiza a situação incentivando os estudantes a decidirem entre os análogos.
40	[João]: <i>Birosca ou a bola de canhão... Porque elas são esféricas e não tem essa ligação aqui</i> [se referindo ao halter], <i>porque igual você falou, esse aspecto não podia comparar no outro...</i>	Descarta análogo halter (tese 1) e justifica a não aceitação do mesmo.
INÍCIO DA INTERAÇÃO ARGUMENTATIVA DO TIPO CONFLITO INTERPESSOAL MISTO		
41	[P]: <i>Hum, entendi... Por que nesse caso as esferas já estão separadas né... E aí, entre a bola de canhão e a birosca, qual seria a melhor?</i>	A pesquisadora incentiva os estudantes a se posicionarem sobre o melhor análogo.
42	[Carlos]: <i>A bola de canhão é aço...</i>	O estudante se posiciona a favor da tese 2 (bola de canhão) e justifica citando o material do qual é fabricada.
43	[Caio]: <i>A birosca uai...</i>	O estudante se posiciona a favor da tese 3 (birosca) sem argumentar a favor da mesma ou refutar a tese 2.
44	[João]: <i>Mas elas são penetráveis</i> [referindo-se a birosca], <i>a gente quebra elas...</i>	O estudante posiciona-se contra a tese 3 (birosca) argumentando que, devido o material da birosca ser penetrável, ela se difere da característica de impenetrabilidade do átomo.
45	[Carlos]: <i>É, é vidro...</i>	Concorda com o colega e posiciona-se contra a tese 3 (birosca).
46	[João]: <i>E a bola de canhão é aço... Ela é melhor</i>	Conclui que a bola de canhão é o melhor análogo para ser comparado com o alvo (modelo atômico de Dalton).
47	[P]: <i>Hum, entendi... E todos vocês concordam que a bola de canhão é o melhor para se comparar?</i>	Nesse momento os estudantes fazem sinal positivo concordando com a escolha dos colegas.

Quadro 5. Diálogo da interação argumentativa 2

No diálogo transcrito anteriormente (Quadro 5) o problema que foi resolvido durante a interação tratava-se da validação e seleção do análogo para ser comparado com o modelo atômico de Dalton. Constatamos inicialmente um conflito do tipo *intrapessoal simples*. O conflito é desse tipo porque os estudantes encontravam-se na dúvida sobre a aceitação ou não da tese 1 (Quadro 6) e a pesquisadora participou da discussão, auxiliando-os na decisão. A interação ocorreu especialmente entre o estudante João e a pesquisadora, porém é possível notar que a dúvida foi comum a outros estudantes.

Halter (análogo)	Correspondências	Modelo atômico de Dalton (alvo)
Diferença de massas e pesos dos halteres		Diferença de massas e pesos dos átomos
Esférico		Esférico
Ligação física entre as esferas		Ausência de ligação física entre as esferas que representam o átomo

Quadro 6. Representação das correspondências e limitação da tese 1

O Quadro 6 apresenta uma comparação que foi estabelecida e mapeada pelos estudantes e que pode ser classificada como *similaridade literal*. Pode ser classificada dessa forma porque possui correspondências relacionais (representada pela seta dupla preenchida) e correspondências de características similares superficiais (representada pela seta dupla descontínua). Além disso, no Quadro 6 é apresentada uma limitação, ou seja, aspectos que não podem ser comparados entre os dois domínios (representado pelo símbolo de diferente).

As comparações do tipo *similaridade literal* diferem-se das *analogias* pelo fato das últimas serem comparações puramente relacionais, enquanto as primeiras conjugam a comparação de aspectos físicos e relacionais (Gentner, 1989). Apesar desta diferença, esses dois tipos de comparações compartilham da necessidade de um alto poder de predição para serem elaboradas e/ou interpretadas. Isso porque, a exploração de semelhanças relacionais exige um alto nível de abstração para que raciocínio seja inferido de um domínio para o outro (Clement, 2008).

No caso específico de nossa pesquisa devemos levar em consideração que uma característica física do alvo (esférico) foi realçada durante a apresentação do mesmo aos estudantes. Essa característica parece ter sido marcante para eles desde o início da discussão sobre o átomo de Dalton (interação argumentativa 1). Por isso, apesar dos estudantes evoluírem na compreensão de aspectos mais abstratos (evidenciado pelo estabelecimento de relações), a característica física (esférico) parece ter assumido um papel relevante na seleção do análogo e na correspondência das similaridades (Gentner, 1989).




Na interação argumentativa podemos perceber que as explicações (turnos 4 e 6) assumiram o papel de esclarecimento quando foi necessário explorar melhor os domínios análogos na proposição de comparações. Essa função das explicações já havia sido enfatizada por Osborne e Patterson (2011) atrelada às situações argumentativas. No caso analisado, destaca-se a sua relação com as comparações, ou seja, explicações como esclarecimentos para a professora do próprio análogo ou das relações entre análogo e alvo propostas pelos estudantes na interação argumentativa. Neste caso, essa função das explicações parecia estar atrelada ao fato de que, para que o processo argumentativo pudesse avançar, era necessário que a professora compreendesse o análogo selecionado por eles. Por isso, os estudantes se empenhavam em fornecer explicações de esclarecimentos sobre o análogo.

Através do diálogo (Quadro 5) notamos que quando os estudantes definiram suas comparações eles buscaram pela avaliação dela como corretas ou incorretas pela professora e/ou pela pesquisadora. No processo de avaliação de analogias, tal como descrito por Gentner (1983), busca-se analisar a coerência/pertinência das correspondências. No entanto, os estudantes, naquele momento, ainda não sabiam avaliar suas comparações neste sentido. Por isso, é plausível que eles buscassem por avaliações quanto à correção das mesmas.

Por outro lado, a professora e a pesquisadora buscavam conduzi-los no processo de avaliação da coerência/pertinência das relações que eles estabeleciam e que admitia diferentes possibilidades de argumentos. Esse processo fez com que ocorresse uma interação argumentativa do tipo *intrapessoal*.

No turno de fala número 41 iniciou um conflito do tipo *interpessoal misto* quando a pesquisadora solicitou que os estudantes elessem entre os análogos bola de canhão e birosca aquele que melhor expressava as ideias do átomo proposto por Dalton.

O problema que foi resolvido durante o conflito interpessoal é o mesmo que foi solucionado no conflito intrapessoal anterior. No entanto, as teses agora são as comparações com a bola de canhão (tese 2) e com a birosca (tese 3) e a interação ocorreu entre os indivíduos João, Carlos e Caio. As correspondências estabelecidas entre a bola de canhão e o modelo atômico de Dalton e entre a birosca e modelo atômico de Dalton encontram-se representadas nos quadros 7 e 8 respectivamente.

Bola de canhão (análogo)	Correspondências	Modelo atômico de Dalton (alvo)
Impenetrabilidade		Impenetrabilidade
Esférica		Esférico
Pesos e massas distintos		Pesos e massas distintos

Quadro 7. Representação das correspondências da tese 2

Birosca (análogo)	Correspondências	Modelo atômico de Dalton (alvo)
Esférica		Esférico
Penetrabilidade		Impenetrabilidade

Quadro 8. Representação da correspondência e limitação da tese 3

Podemos observar que a comparação estabelecida entre a bola de canhão e o átomo de Dalton (tese 2) (Quadro 7) trata-se de uma *similaridade literal*, pois são comparadas características superficiais e relações estruturais entre os dois domínios. A tese 3 se trata de uma comparação de *mera aparência*, isso significa que os aspectos comparados entre os domínios se restringem a atributos de objeto (características físicas e superficiais). Além da correspondência entre os domínios, na tese 3, os estudantes também ressaltaram como uma limitação entre eles (símbolo de diferente), o fato de a birosca ser penetrável e o átomo, impenetrável.

A partir das comparações descritas nos quadros 7 e 8, reafirmamos o que dissemos anteriormente sobre o aspecto físico esférico ter sido uma característica marcante para os estudantes. Apesar disso, notamos que, mais uma vez, durante os processos de criação e mapeamento de suas comparações, os estudantes conseguiram evoluir no entendimento de ideias mais abstratas evidenciadas pelas diferentes *relações* de similaridade entre o alvo e análogo que eles foram capazes de estabelecer.

Além disso, o que notamos é que os estudantes optaram pela comparação do tipo similaridade literal (tese 2). Essa decisão parece ter sido influenciada pela identificação da limitação da “penetrabilidade” do análogo birosca em relação ao alvo (tese 3).

Nesse sentido, o que observamos no processo de validação da analogia (avaliação das similaridades entre o análogo e o alvo e das limitações da comparação (Clement, 1988)) é que, ao depararem com uma limitação que contradiz profundamente as ideias que eles já consolidaram sobre o alvo, os estudantes consideraram aquela limitação como um argumento contra o análogo.

Observamos através do Quadro 5 que o processo de escolha de comparações, quando os estudantes precisavam optar entre a bola de canhão e a birosca, desencadeou um conflito do tipo *interpessoal* entre os estudantes, pois durante as avaliações das similaridades e diferenças eles precisaram se posicionar sobre as comparações que foram criadas. Portanto, a discussão das limitações no processo de avaliação das comparações desencadeou processos argumentativos, nos quais essas limitações atuaram como elementos de refutação dos análogos pelos estudantes.

Nos processos de mapeamento (correspondência) das similaridades e de avaliação das comparações a busca por informações sobre o átomo a partir do texto e com a pesquisadora foi recorrente. Dessa forma, o que notamos é que o texto e a pesquisadora atuaram como um *interlocutores* e assumiram o papel de “opinião de especialista”¹³. Eles foram considerados como fontes de informações confiáveis e, por isso, os estudantes, sempre que necessário, fizeram referência a eles para fundamentar seus argumentos.

¹³ Para Walton, Reed e Macagno (2008) opinião de especialista é um tipo de esquema argumentativa, no qual são utilizadas fontes externas de informações como fundamento.

O esquema argumentativo de “opinião de especialista” é considerado problemático quando os estudantes recorrem *somente* a fala dos professores e a fontes externas para justificar seus argumentos e não conseguem construir suas próprias justificativas (Ibraim, Mendonça, & Justi, 2013). No entanto, em nosso contexto, acreditamos que isso não ocorreu, pois observamos que após o momento em que os estudantes fundamentaram o mapeamento da comparação elaborada por eles (com base em informações de fontes externas), eles conseguiram formular seus argumentos (turno 44) para a escolha das comparações a partir de suas próprias ideias.

A partir do diálogo (Quadro 5) também foi possível notar que, cada vez que os estudantes precisavam retomar as ideias do conceito alvo para estabelecerem comparações e mapeá-las, eles buscavam por novas informações sobre aquele conceito, levando-os a reconhecer aspectos novos sobre o mesmo. Ao discutirem sobre a comparação com a birosca, eles apresentaram uma informação (impenetrabilidade do átomo) que não havia sido expressa no mapeamento da comparação com o halter. Esse fato nos demonstra como a criação de analogia pelos estudantes em processos dialógicos pode facilitar a compreensão deles sobre aspectos do conhecimento científico (Spier-Dance et al., 2005).

É importante ressaltar que a impenetrabilidade do átomo havia sido citada por um estudante na interação argumentativa 1, quando surgiu aquela ideia de átomos “misturados”. Talvez nem todos os estudantes estavam atentos a essa informação quando sugeriram o mapeamento da comparação com o halter, no entanto, a explicitação da informação naquele momento pode ter contribuído para que, posteriormente, os estudantes atentassem a essa característica do átomo.

Além disso, consideramos que a ideia de átomos “misturados” havia, de fato, sido rejeitada na interação argumentativa 1, pois durante o diálogo do Quadro 4 os estudantes não se valeram dessa ideia. É possível perceber a evolução das ideias dos estudantes sobre o modelo atômico de Dalton na Figura 3 ao final da análise das interações argumentativas onde essas ideias estão sintetizadas.

Ademais, observamos que os conflitos descritos na interação argumentativa 2 envolvem o processo de aprendizagem que Baker (2009) descreve como *mudança de opinião*. Isso porque, no conflito do tipo intrapessoal simples, o estudante João e seus colegas rejeitaram

a analogia com o halter quando perceberam a limitação daquela analogia. Nesse caso, como dito anteriormente, a limitação parece atuar como um elemento de refutação do análogo e a partir dessa refutação os estudantes rejeitam a tese 1, ocorrendo o que Baker (2009) denomina mudança de opinião 'refutação-rejeição'. A mudança de opinião através da 'refutação-rejeição' também ocorreu no segundo conflito do tipo interpessoal misto quando os estudantes selecionaram a comparação da bola de canhão e rejeitaram o análogo birosca devido à limitação do mesmo.

5.1.3 Interação argumentativa 3

Tipo de interação: Conflito de opinião intrapessoal misto

Contexto: *Evento 4 da unidade didática* – os estudantes haviam discutido as características do modelo atômico de Thomson e era o momento deles proporem modelos para representar aquele átomo.

TURNOS DE FALA	TRANSCRIÇÃO	ESCLARECIMENTOS
1	[P]: <i>Isso. O átomo. E aí gente, o que está pedindo aqui nessa questão? Vocês lembram que vocês auxiliaram Dalton também nas aulas anteriores a elaborar uma representação para o átomo que ele descreveu?</i> [estudantes balançam a cabeça fazendo sinal positivo]. <i>Agora, vocês vão fazer a mesma coisa para representar o átomo de Thomson. E aí, o colega Carlos aqui leu que o átomo foi descrito por Thomson dessa maneira aqui</i> [apontando para o texto], <i>então, como vocês imaginam que seja esse átomo, com essas características aqui?</i>	A pesquisadora solicita a representação do átomo descrito por Thomson a partir das características e informações que foram apresentadas no texto.
2	[Carlos]: <i>Ele é tipo assim, esférico, que tem um tanto de anel de eletricidade em volta dele...</i>	O estudante expressa suas ideias sobre o átomo através de uma explicação.
3	[P]: <i>O que seria esse anel de eletricidade?</i> [Silêncio]	A pesquisadora solicita esclarecimento da afirmação do estudante e eles ficam em silêncio buscando no texto as características do anel.
4	[P]: <i>Tá. Vamos fazer o seguinte. Discutam entre vocês. Discutam como seria esse átomo descrito por Thomson e façam uma representação para a gente discutir. Pode ser através de desenho ou de massinha, façam da forma que vocês acharem melhor. Pode ser?</i>	A pesquisadora solicita que os estudantes façam uma representação para o átomo.
5	[Caio]: <i>Com massinha é mais legal.</i>	O estudante se anima para fazer a representação.
6	[P]: <i>E aí gente, vocês podem fazer também mais de uma representação. Vamos supor que o João desenhou o átomo de uma forma, mas o Caio acha que é diferente, então podem fazer mais de uma representação para a gente discutir, está bem?</i> [estudantes balançam a cabeça fazendo sinal positivo] <i>Então podem fazer...</i>	A professora incentiva os estudantes a apresentarem suas ideias mesmo que as mesmas sejam divergentes.
7	[João]: <i>Vamos fazer igual Carlos falou, tipo esférico e anel.</i>	O estudante aceita a explicação sobre o átomo elaborada por Carlos e sugere fazer uma representação seguindo tal hipótese.
8	[Carlos]: <i>É... Tipo assim, de azul a esfera e de amarelo os anéis da esfera.</i>	O estudante sugere uma legenda de cores e um modo de representação para o átomo.
9	[Arthur]: <i>É... Ô Carlos, vamos fazer tipo aqueles planetas...</i>	Mesmo sem serem solicitados os estudantes

		sugerem comparações espontaneamente para expressar seus pensamentos.
10	[Carlos]: <i>É uai, isso mesmo.</i>	Concorda com a comparação sugerida pelo colega.
11	[Marcelo]: <i>Vamos fazer grandão?!</i>	Sugere uma forma de representar.
12	[Caio]: <i>Deixa eu fazer João?!</i>	Estudante interage e quer participar da atividade.
13	[João]: <i>Tipo assim Carlos?</i>	João parece não estar muito certo de suas ideias sobre o átomo e pede auxílio ao colega Carlos.
14	[Carlos]: <i>É uai... Aí faz outra assim em cima</i> [faz gestos com a mão girando outro anel em sentido oposto ao anel representado]	Nesse momento, João tinha feito uma esfera e somente um anel ao redor da esfera e, por isso, Carlos sugere (através de uma representação gestual) que o colega faça a representação de um maior número de anéis ao redor da esfera.
15	[Caio]: <i>Tá doido?</i>	O estudante parece colocar em dúvida as ideias sobre a representação que Carlos sugere.
16	[Carlos]: <i>É uai. É assim mesmo, é um monte...</i>	Carlos parece estar convicto de suas ideias e afirma que são vários anéis.
17	[Arthur]: <i>Arrumar uns arames hein? Colocar uns arames no meio desse trem aí...</i>	Arthur expõe seu raciocínio e parece se empolgar em apresentar a ideia de anéis com outros materiais.
18	[Carlos]: <i>Não é planeta não sô.</i>	Carlos não concorda com a sugestão de Arthur.
19	[Arthur]: <i>Não sô. A gente fura assim e coloca.</i>	Arthur tenta esclarecer sua ideia para o colega.
20	[João]: <i>Assim mesmo?</i>	João começa a ficar em dúvida se aquela seria mesmo uma representação coerente.
21	[Carlos]: <i>É uai... Faz outro aí...</i> [pedindo para que o colega fizesse outra representação, de maneira similar]	Carlos continua convicto de suas ideias..
22	[João]: <i>É. Vou fazer outro aqui... Faz outro aí também Arthur. Mas nós não pensamos num negócio gente. Não fala aqui que os anéis são invisíveis?</i>	João solicita a participação de mais um de seus colegas. Nesse momento João parece não

		aceitar a representação que está sendo feita pois ela se opõe a evidência sobre o átomo (apresentada no texto) de que os elétrons giravam em anéis invisíveis.
23	[Carlos]: <i>Hum. É mesmo hein!?</i>	Carlos parece concordar com João.
24	[Caio]: <i>O que?</i>	Questiona sobre a dúvida dos colegas.
25	[João]: <i>Os anéis são invisíveis uai...</i>	Expõe a situação problema.
26	[Arthur]: <i>Mas aqui só está demonstrando...</i>	Arthur elabora um argumento para auxiliar os colegas sobre a dúvida. Para Arthur, como se trata de uma “demonstração”, os anéis podem ser representados através da massinha.
27	[Carlos]: <i>É! é aquele negócio, demonstração...</i>	Concorda com o argumento de Arthur.
28	[João]: <i>Ah... O meu eu vou deixar ele assim, porque está falando que os anéis são invisíveis uai...</i>	Não aceita o argumento do colega, pois ele contradiz a evidência da “invisibilidade” dos anéis. Portanto, o estudante decide que a representação do átomo não deve apresentar os anéis.
29	[P]: <i>Terminaram gente?</i>	Questiona os estudantes sobre a atividade
30	[Marcelo]: <i>Só esperar o outro menino chegar do banheiro.</i>	Esperam para que tenham a participação de todos.
31	[P]: <i>Agora me explica qual foi a representação de vocês e porquê.</i>	Após aguardar a retomada de Carlos ao grupo a pesquisadora solicita esclarecimento da representação.
32	[João]: <i>Fala aí Carlos!</i>	João parece não estar seguro sobre qual a representação do átomo e pede que o colega explique.
33	[P]: <i>Então, primeira coisa. A representação é essa aqui ou essa? [se referindo a esfera com a presença de anéis ou sem] Ou são as duas?</i>	A pesquisadora pede esclarecimento, pois existiam duas representações distintas expostas

		na mesa (ver figuras 4 e 5).
34	[João]: <i>São as duas. A mesma coisa.</i>	Afirma que as duas representações compartilham da mesma ideia.
35	[P]: <i>Ah! É a mesma coisa. Entendi, então tá. Vamos lá. Me fala o que vocês pensaram aí. Quais são as características desse modelo que vocês fizeram aí?</i>	A pesquisadora solicita esclarecimento das ideias dos estudantes.
36	[João]: <i>Óh, a gente estava pensando assim: a esfera está no meio, e tem os anéis de energia que passam em volta. Aí nós representamos os anéis e a esfera. Só que aí eu pensei que os anéis são transparentes, são invisíveis, então como que vai aparecer?!</i>	João elabora uma explicação para esclarecer sobre o modelo através da informação da “invisibilidade” apresentada no texto. O estudante defende as ideias sobre a representação sem os anéis e confirma o seu posicionamento de não aceitar a outra representação.
37	[Arthur]: <i>Mas, é que aqui [apontando para os anéis], é tipo só para demonstrar né?! Demonstrar como que é...</i>	Arthur utiliza explicação em defesa da representação com anéis e auxilia João explicando o objetivo da representação.
38	[P]: <i>Aham, tá. É. É isso que o Arthur falou. A gente está demonstrando né? A gente está fazendo uma representação. Realmente, ele está falando aqui [mostrando para o texto] que esses anéis são invisíveis, então é importante a gente saber disso. Mas, para representar, não tem problema a gente colocar, está bem?</i>	A pesquisadora confirma a ideia de Arthur referente ao objetivo de representações.
39	[João]: <i>Então é melhor assim... [Apontando para a representação com os anéis]</i>	O estudante opta pela representação com a presença de anéis.

Quadro 9. Diálogo da interação argumentativa 3

No diálogo anterior (Quadro 9) a interação iniciou quando os estudantes foram expostos a um problema – criar um modelo que representava o átomo proposto por Thomson. Observamos um conflito do tipo *intrapessoal misto*. As teses discutidas foram os modelos com anéis (Figura 4) e sem anéis (Figura 5). O indivíduo que encontrava-se em dúvida sobre qual o melhor modelo para representar o átomo era o estudante João. Os demais colegas e a pesquisadora o auxiliaram a decidir sobre as teses.

Durante alguns momentos da interação pode ter parecido que Arthur argumentava a favor da tese 1 (turnos 26 e 37), criando um conflito do tipo interpessoal entre ele e João. No entanto, não consideramos que um conflito interpessoal de fato ocorreu, pois na realidade, Arthur argumentava com a intenção de auxiliar João na decisão perante o conflito pessoal.



Figura 4. Representação tese 1



Figura 5. Representação tese 2

Inicialmente, João aceitou o modelo com anéis (Figura 4), quando no turno de fala 7 ele sugeriu uma representação com essa ideia. É importante notar que João sugeriu uma representação a partir da explicação que tinha sido expressa pelo colega Carlos (turno 2). Isso é interessante, pois Baker (2009) ressalta que, quando um estudante torna explícito seu raciocínio, seus colegas podem compreender sobre os conceitos a partir do raciocínio explicitado. Nesse caso, as ideias que foram expressas por Carlos parecem ter favorecido a fundamentação *inicial* das ideias de João sobre o átomo.

Durante o processo de expressão do modelo, João começou a refletir sobre aquelas ideias e buscou por novas informações sobre o conceito a partir do texto. Dessa forma, o que notamos mais uma vez é que o momento de elaboração de modelos e analogias é importante para a reflexão dos estudantes sobre o conceito alvo. É a partir dessa reflexão

que os estudantes buscam por fundamentos para argumentar contra ou a favor das representações geradas.

É interessante notar que, mesmo sem serem solicitados, os estudantes apresentaram comparações para expressar suas ideias sobre o átomo (turno 9). A literatura aponta que, durante a resolução de problemas, é comum os estudantes apresentarem analogias espontâneas a partir do “método de geração por associação”, no qual o estudante se lembra de um caso análogo e faz a associação com o mesmo (Clement, 2008). Nesta pesquisa foi possível observar que tal procedimento dos estudantes também ocorre em contextos argumentativos de resolução de problemas do tipo *interlocutinary*.

A comparação espontânea expressa por Arthur (turno 9) permitiu que ele e os demais colegas fundamentassem as ideias deles sobre o átomo, auxiliando-os no processo de negociação de suas representações. Ao comparar as ideias sobre átomo com o análogo planeta, Arthur parecia estar elaborando (ou incrementando) seu modelo mental sobre o conceito e, por isso, buscou algo familiar a ele para estruturar suas ideias iniciais. É possível notar que os estudantes também utilizaram gestos (turno 14) como parte do discurso e para atribuir sentido ao que estava sendo dito. Desse modo, o que observamos é que mesmo com a falta de palavras adequadas para a expressão dos conceitos isso não impediu a comunicação dos estudantes, pois o uso de outros modos representacionais auxiliou no processo de negociação na construção do conhecimento (Padilha & Carvalho, 2011).

Desse modo, o processo de interação visto no Quadro 9 envolveu a aprendizagem a partir da *negociação de significados* entre os estudantes, ou seja, a aprendizagem a partir da colaboração (Baker, 2009). Isso pôde ser claramente notado nas situações em que Arthur e Carlos auxiliaram João na construção do modelo e na fundamentação de suas ideias. Mesmo que a natureza das ideias dos estudantes fossem instáveis, eles interagiram com a intenção de colaborar com a discussão e construir, em conjunto, a representação para o átomo de Thomson.

Além da aprendizagem a partir da negociação de significados, o processo definido por Baker (2009) como *expressão de argumentos* também ocorreu durante a interação argumentativa 3. Foi através da expressão de explicações elaboradas pelos estudantes e pela pesquisadora (turnos 2, 8, 14, 36, 38) e argumentos elaborados pelos estudantes (turno 27) que eles

evoluíram na construção de suas representações. Nesse processo, observamos que as explicações elaboradas pelos estudantes possibilitaram a compreensão da professora sobre as representações elaboradas por eles e a construção das mesmas (turnos 2, 8, 14) (Oliveira et al., 2015).

Durante o diálogo transcrito (Quadro 9) percebemos na interação argumentativa que o estudante João estava compreendendo modelo como uma cópia da realidade. Ele ficou em dúvida se poderia representar de forma concreta a presença de anéis mesmo considerando-os “anéis invisíveis”. Somente após a discussão da pesquisadora sobre o papel representacional dos modelos, o estudante se decidiu pelo modelo que expressava de forma concreta as ideias do átomo (modelo com anéis – tese 1). A literatura aponta que é comum as pessoas entenderem um modelo como uma representação concreta que reproduz as características do objeto modelado de forma visual (Justi, 2006). Na interação argumentativa mencionada, a ocorrência do conflito intrapessoal permitiu que a pesquisadora identificasse a dificuldade conceitual dos estudantes e tentasse auxiliá-los no desenvolvimento de visões mais coerentes sobre a finalidade de um modelo no âmbito da ciência.

5.1.4 Interação argumentativa 4

Tipo de interação: Conflito de opinião intrapessoal misto

Contexto: *Evento 4 da unidade didática* – após proporem modelos para representar o átomo de Thomson, os estudantes discutiram com a pesquisadora o modelo eleito.

TURNOS DE FALA	TRANSCRIÇÃO	ESCLARECIMENTOS
1	[P]: <i>Ah! Tá... Cada arco aí contém certo número de elétron. Mas, esses anéis estão do lado de fora da esfera?</i>	Problematização: localização dos anéis contendo elétrons.
2	[Carlos]: <i>É...</i>	Defende a localização dos anéis ao lado de fora da esfera (tese 1- Figura 2).
3	[Arthur]: <i>É, tipo ao redor da esfera...</i>	Concorda a localização dos anéis do lado externo.
4	[P]: <i>Ao redor?</i>	A pesquisadora questiona a afirmação dos estudantes.
5	[Arthur]: <i>É... Acho que é... Tipo passando por ela assim [demonstra através de gestos e do modelo concreto]...</i>	O estudante parece demonstrar insegurança ao confirmar que os anéis encontram-se ao redor da esfera.
6	[P]: <i>Tá, mas porque vocês estão me afirmando que é ao redor? Me explica melhor porque vocês entenderam assim.</i>	A pesquisadora pede que os estudantes fundamentem suas ideias.
7	[Caio]: <i>Porque ele fala no parágrafo aqui [mostrando para o texto] que o átomo é esférico e que têm os anéis em volta dele uai... Os anéis de elétron em alta velocidade.</i>	O estudante defende a tese 1 afirmando que a informação dos anéis ao redor da esfera encontra-se apresentada no texto e utiliza da explicação para esclarecer e defender seu posicionamento.
8	[P]: <i>Tá. Mas ele [se referindo ao texto] está falando aí que é em volta da esfera? [O estudantes ficam em silêncio] Lê aí para mim gente...</i>	Questiona se aquela informação sobre a presença de anéis de fato encontra-se no texto e os estudantes parecem indecisos ao permanecerem em silêncio.
9	[Caio]: <i>Lê aí Carlos. [Enquanto isso, todos olham atentos para o texto]</i>	O estudante parece indeciso e pede ao colega que fundamente a ideia sobre os anéis em volta da esfera.
10	[Carlos]: <i>Não. Está falando que é dentro da esfera Caio.</i>	Carlos encontra no texto a contradição de suas ideias e dos colegas (anéis dentro da esfera - tese 2).
11	[Marcelo]: <i>Cadê isso aí...</i>	Marcelo parece não aceitar a tese 2 e questiona sobre onde encontra-se aquela informação.
12	[Caio]: <i>Ah! Mas vai ser difícil colocar esses anéis dentro da esfera [se referindo ao fato de colocar anéis dentro da esfera no modelo concreto]...</i>	Apesar de Caio parecer aceitar a tese 2 ele se posiciona em defesa do modelo criado por ele e seus colegas afirmando que seria difícil colocar anéis dentro da

		esfera naquele modelo.
13	[P]: <i>Não. Mas é uma representação. Pode ser feito por desenho também se vocês acharem melhor. Mas eu só quero entender como vocês estão pensando nesses anéis aí, se estão do lado de dentro ou do lado de fora. Além disso, quando vocês representam essa esfera vermelha aí, tem mais alguma característica nela? Essa esfera tem mais alguma coisa?</i>	A pesquisadora apresenta a possibilidade dos estudantes expressarem através de desenhos as ideias do átomo e continua questionando sobre a representação deles.
14	[Arthur]: <i>Ah! Acho que não...</i>	Arthur se posiciona.
15	[P]: <i>Tá. Aqui então seriam os anéis de elétrons [apontando para a representação - figura 3], mas eles estariam dentro ou do lado de fora?</i>	Questiona para saber se os estudantes mudaram de opinião quanto a localização dos anéis.
16	[Arthur]: <i>Dentro!</i>	Aceita a tese 2 de que os anéis encontram-se dentro da esfera.
17	[Carlos]: <i>Dentro!</i>	Aceita tese 2.
18	[Caio]: <i>Dentro. E dessa forma aqui [se referindo aos anéis do lado de fora] está sendo feito só para representar, né?</i>	Caio aceita a tese 2 e reage em defesa do modelo representado por ele e seus colegas (tese 1).
19	[Carlos]: <i>É...</i>	Estudante concorda com Caio.
20	[Arthur]: <i>Isso...</i>	Estudante concorda com Caio.

Quadro 10. Diálogo da interação argumentativa 4

No diálogo apresentado no Quadro 10 a interação ocorreu com objetivo de resolver o conflito sobre a localização dos anéis contendo elétrons na esfera que representava o átomo. Observamos um conflito de opinião do tipo *intrapessoal misto*. O conflito é desse tipo porque cada um dos estudantes Carlos, Arthur e Caio encontravam-se num conflito pessoal para se decidirem se os anéis de elétrons estavam localizados dentro (tese 1) ou fora (Figura 4) da esfera que representava o átomo. O conflito é do tipo misto, porque ocorreu na intenção de decidir entre duas teses distintas.

A partir da interação argumentativa vista no diálogo (Quadro 10) podemos notar que o texto distribuído durante a atividade atuou como fonte de opinião de especialista. Isso porque, durante a interação, assim como ocorreu na interação argumentativa 1, a partir da leitura de informações no texto que contradiziam as ideias iniciais dos estudantes, eles se sentiram convencidos a mudar de opinião.

Além disso, a partir das informações do texto, os estudantes se posicionaram, argumentaram e fundamentaram suas ideias (turno 8), inclusive durante a discussão com a pesquisadora (turno 7). Quando afirmamos “inclusive” com a pesquisadora queremos dizer que quando os estudantes fundamentavam suas ideias através do texto, isso lhes permitia argumentar sem receio da figura do outro indivíduo envolvido no debate.

Observamos também que os estudantes estavam bem engajados no processo argumentativo, devido à motivação deles em defender suas criações – analogias e modelos. Isso é claramente notado quando no turno de fala 15, o estudante percebeu que os anéis de elétrons estavam localizados no interior da esfera, informação que ia contra a representação feita por ele e seus colegas, mas ainda assim, argumentou a favor da representação deles. Novamente, no turno 18, o estudante já estava convencido da aceitação da tese 2, mas argumentou em defesa do seu modelo (tese 1).

Nas situações de ensino comumente vivenciadas pelos estudantes, eles são incentivados essencialmente a ‘fazer a lição’. Esse tipo de ensino não exige deles demanda retórica para convencer os colegas e o professor (Jiménez-Aleixandre, 2010) e tende a desvalorizar a construção ativa dos conhecimentos por parte dos estudantes. Ao contrário, como visto em alguns trabalhos fundamentados em modelagem para o desenvolvimento de argumentação (por exemplo, Justi, 2015; Mendonça & Justi, 2013b), observamos que as atividades

relacionadas ao “fazer ciência” podem ser motivadoras para a refutação de ideias pelos estudantes, isto é, para o engajamento dos mesmos em argumentação como forma de convencimento e não apenas para produção da resposta ‘certa’ para o professor.

Além de utilizarem o texto como fonte de informações, os estudantes também buscaram em seus colegas argumentos para a defesa de suas representações (turno 9). Desse modo, o que notamos é que o contexto que envolveu a criação e crítica de modelos e analogias por grupos de estudantes fez com que eles construíssem argumentos coletivos para defender as ideias consensuais do grupo.

Através do diálogo é possível notar que, inicialmente, os estudantes encontravam-se convencidos de que os anéis de elétrons estavam localizados ao redor da esfera (turno 2). No entanto, ao serem questionados pela pesquisadora no decorrer da interação, os estudantes começaram a refletir sobre as representações feitas por eles (turno 5) e ao final da discussão decidiram por uma representação mais coerente com o modelo atômico de Thomson (com anéis de elétrons dentro da esfera – tese 2). Essa influência do discurso do professor já havia sido por Andrade e Mozzer (2016), que pesquisaram sobre contextos fundamentados na modelagem analógica. Os resultados do trabalho citado e nossos dados reforçam a importância dos questionamentos elaborados pelo professor para o processo de construção de argumentos por parte dos estudantes e na atribuição de significados na construção do conhecimento científico.

Dessa forma, o que evidenciamos mais uma vez é que o processo argumentativo gerado a partir da avaliação da pertinência dos modelos e analogias pelos estudantes foi importante para que eles refletissem sobre seus conhecimentos (seja através de busca de informações no texto ou da revisão de ideias sobre as quais estavam incertos) e para que a professora e/ou a pesquisadora compreendessem as ideias deles.

O processo de aprendizagem envolvido na interação argumentativa transcrita no quadro 10 foi a *negociação de significados* (Baker, 2009). Isso porque, foi a partir dos questionamentos feitos pela pesquisadora (por exemplo, turno 8), e das explicações dadas pelos estudantes (turno 7), que foi possível se estabelecer a reflexão sobre os aspectos apresentados pelos estudantes em sua representação. Além disso, os argumentos (turno 18) e pontos de vista

(turno 12) dos estudantes contribuíram de forma colaborativa para uma solução mais coerente com os conhecimentos científicos.

5.1.5 Interação argumentativa 5

Tipo de interação: Conflito de opinião interpessoal simples

Contexto: *Evento 5 da unidade didática* – após elegerem o modelo para representar o átomo de Thomson, era o momento dos estudantes criarem suas comparações.

Devido à extensão do diálogo da interação argumentativa 5, dividimos a transcrição e a análise em três partes distintas. É importante ressaltar que as análises foram feitas considerando-se todas as partes do diálogo.

TURNOS DE FALA	TRANSCRIÇÃO	ESCLARECIMENTOS
1	[Pr]: <i>Então gente. Entenderam? Só que agora, vocês vão fazer essa comparação para o átomo de Thomson, para esse modelo que vocês representaram aí, para ficar mais fácil da gente entender, vocês vão pensar em algo familiar a vocês. O que vocês costumam ver no dia-a-dia de vocês que vocês podem pensar assim 'nossa, eu posso comparar isso com o átomo de Thomson'.</i>	Situação problema: selecionar um análogo para ser comparado com o modelo atômico de Thomson.
2	[Caio]: <i>É mesmo... Por exemplo, birosca...</i>	O estudante sugere um análogo: birosca (tese 1).
3	[Carlos]: <i>Que birosca o quê! Birosca tem energia por acaso?</i>	Carlos não aceita o análogo birosca refutando-o a partir da informação de presença de energia.
4	[Caio]: <i>Então vou comparar com a lâmpada, que tem energia meu filho...</i>	Caio sugere um novo análogo em resposta à refutação de Carlos.
5	[Carlos]: <i>Mas é esférico por acaso?</i>	Carlos refuta o análogo sugerido por Caio baseado na informação do átomo ser esférico.
6	[Pr]: <i>Mas gente, o átomo tem energia no átomo?</i>	A professora interrompe a interação para direcionar o diálogo com ideias coerentes de acordo com o conhecimento científico curricular.
7	[Caio]: <i>Não, elétron. É elétron.</i>	O estudante percebe que se equivocou ao dizer sobre "energia" do átomo e afirma que ele quis dizer "elétron".
8	[Pr]: <i>Hum... Quando vocês fizeram a representação aí...</i>	A professora novamente tenta redirecionar o diálogo.
9	[João]: <i>Eu acho que pode ser a roda do carro porque quando ela está rodando a esfera tem...</i> [os colegas interrompem a fala de João com conversas paralelas]	O estudante começa a sugerir uma comparação, mas os colegas atrapalham a interação.
10	[Pr]: <i>Pode ser comparado com o que que você falou João?</i>	A professora tenta retomar a comparação sugerida por João.
11	[João]: <i>Ah! Já até esqueci já...</i>	João parece não querer expressar suas ideias.
12	[Pr]: <i>Não. Você falou com alguma coisa do carro...</i>	A professora insiste na retomada das ideias de João.
13	[João]: <i>Tipo a esfera do carro, quando ela está rodando tem é... esse negócio elétrico... senão ela não rodava não...</i>	João resolve se expressar e parece sugerir uma comparação com a roda de carro como análogo.
14	[Caio]: <i>Mas o carro é elétrico, não é elétron não.</i>	Caio não aceita a comparação de João e tenta

		refutá-la afirmando que o átomo possui <i>elétron</i> e <i>não é elétrico</i> como o João sugeriu.
15	[P]: <i>Tá. Quando o colega fala assim que pode ser a esfera do carro...</i>	A pesquisadora começa auxiliar os estudantes no mapeamento de suas comparações.
16	[João]: <i>É no carro tem um tanto de esfera que fica rodando, de rolamento...</i>	João continua elaborando sua comparação e, através de uma explicação, o estudante esclarece que quer comparar o átomo com o rolamento (tese 2) presente na roda do carro.
17	[P]: <i>Da roda?</i>	A pesquisadora parece não ter familiaridade com o análogo (rolamento) sugerido por João.
18	[João]: <i>É, de rolamento</i>	Para João a comparação com a roda parece estar compreensível apenas reafirmando que se trata do rolamento.
19	[P]: <i>Aqui, vocês estão pensando assim: 'ah eu tenho que comparar com algo que tenha energia, eletricidade...' Não necessariamente gente. Quando o colega fala assim 'eu quero comparar com a roda, porque ela se movimenta', pensando naquela movimentação do arco, não é? Não precisa de ser alguma coisa capaz de se perceber a presença dos elétrons, vocês podem pensar que é semelhante a alguma coisa que tenha a movimentação que os elétrons tem... ou alguma coisa que tenha alguma outra característica que o átomo tem... Mas não precisa ser alguma coisa que tenha a carga explicitamente. Entenderam?</i> [estudantes fazem sinal positivo com a cabeça]	A pesquisadora tenta auxiliar os estudantes na evolução de suas comparações.
20	[Carlos]: <i>Entendi...</i>	Afirma compreender a partir da explicação dada pela pesquisadora.
21	[Pr]: <i>Então, pensem aí...</i>	Nesse momento a pesquisadora e a professora se ausentam do grupo para que os estudantes discutam suas ideias.

Quadro 11. Diálogo da interação argumentativa 5 (parte 1)

No diálogo visto no Quadro 11 observamos uma interação do tipo interpessoal simples. A interação é do tipo interpessoal, porque ocorreu entre os estudantes Carlos e Caio e é simples porque envolveu a discussão em torno de uma tese. A discussão dos estudantes ora era em torno da tese 1 (comparação com a birosca), ora em torno da tese 2 (comparação com a lâmpada).

Os estudantes entraram num conflito para resolverem qual era o melhor análogo para ser comparado com o átomo de Thomson; problema a ser solucionado durante toda a interação argumentativa 5.


Durante a primeira parte da interação argumentativa 5 – que ocorreu das turnos 1 à 21 –, observamos que Carlos e Caio parecem não refletir sobre os análogos propostos. Os estudantes parecem entrar numa disputa de ideias e Carlos tende a não concordar com Caio sem, no entanto, buscar uma compreensão sobre as ideias do colega.

Observamos que, assim como ocorreu na interação argumentativa 2, os estudantes se envolveram em interações do tipo interpessoal quando foram escolher o melhor análogo, ou seja, aquele que julgaram apresentar mais aspectos similares ao alvo. Isso fez com que eles argumentassem em defesa de seus próprios análogos e contra aqueles sugeridos pelos colegas.

No caso dessa parte da interação argumentativa, os estudantes criaram uma comparação com a birosca e o rolamento com o modelo atômico de Thomson e engajaram na discussão do melhor análogo. O mapeamento das comparações sugeridas pelos estudantes encontram-se nos quadros 12 e 13.

Birosca (análogo)	Correspondências	Modelo atômico de Thomson (alvo)
Esférica		Esférico

Quadro 12. Representação da correspondência da tese 1

Rolamento (análogo)	Correspondências	Modelo atômico de Thomson (alvo)
Movimentação das esferas no sistema de rolamento		Movimentação dos elétrons no átomo

Quadro 13. Representação da correspondência da tese 2

A partir dos quadros 12 e 13 notamos que os estudantes elaboraram, primeiramente, uma comparação de *mera aparência* entre a birosca e o modelo atômico de Thomson e depois sugeriram uma *analogia* com o rolamento presente na roda de carro. Devido à dinâmica do debate, no qual os estudantes disputavam ideias, nenhuma das duas comparações foi satisfatoriamente explorada.

A partir do Quadro 11 notamos que houve uma diferença entre o conflito que ocorreu na interação argumentativa 2 comparado ao conflito visto nessa interação argumentativa 5 (parte 1). A diferença que percebemos entre o conflito interpessoal da interação 2 e o mesmo tipo de conflito na interação 5 é que no processo argumentativo que ocorreu na última, os estudantes discutiram com o objetivo de se opor às proposições dos colegas e não com intenção de defender suas criações ou contribuir com a discussão visando cooperação, como visto na primeira. Isso parece ter interferido na evolução das comparações dos estudantes, tanto quanto, na evolução das ideias deles sobre o conhecimento científico.

Observamos que o fato dos estudantes atuarem em busca de comparações de mera aparências nessa interação argumentativa 5 (parte 1) contribuiu para que as justificativas dos argumentos elaborados pelos estudantes fossem instáveis, pois como eles discutiam sobre comparações que eram limitadas a correlações físicas entre os dois domínios, não conseguiram fazer inferências válidas sobre o alvo. Isso parece ter contribuído para que eles embasassem seus argumentos em justificativas pouco fundamentadas (turno 5) e instáveis (turno 3) sobre o conhecimento científico.

Esse fato pôde ser confirmado quando Carlos refutou a comparação de Caio (análogo birosca – comparação de mera aparência) com base na informação de “energia do átomo” (turno 3). Isso fez com que o estudante Caio propusesse um novo análogo (comparação com a lâmpada – mera aparência). Naquele momento ficou evidente que, ao discutirem sobre comparações de mera aparência, os estudantes não conseguiram avançar com suas ideias relacionadas ao conhecimento científico. O fato de Carlos ter apresentado uma informação que não havia sido discutida anteriormente (presença de energia no átomo)¹⁴ pareceu ter sido responsável por tal interrupção. O estudante sugeriu uma comparação com a lâmpada

¹⁴ É importante ressaltar que não havíamos discutido sobre o conceito de energia do átomo pelos fatos desse aspecto ser mais evidente através do átomo proposto por Bohr e de não ser nosso objetivo discutir sobre o modelo proposto por esse cientista.

simplesmente pelo fato de acreditar que esse objeto envolvia alguma forma de energia, sem refletir sobre as demais características do átomo.

No decorrer do diálogo, João sugeriu o abandono das comparações anteriores e a criação de uma nova comparação que, inicialmente, parecia ter sido estabelecida com a roda de carro. Porém, através das explicações dadas pelo estudante (turno 16), ficou claro que ele, na realidade, estava sugerindo uma comparação com o rolamento (tese 2) presente na roda de carro. A explicação dada por João o auxiliou na expressão de suas ideias e esclareceu, para seus colegas e para a pesquisadora, a comparação sugerida por ele. Desse modo, é interessante notar que nesse caso a explicação teve a função de esclarecimento e foi essencial para a compreensão do pensamento do estudante.

A pesquisadora atuou na intenção de auxiliar os estudantes na compreensão sobre as analogias elaboradas (turno 20) e tentou esclarecer que os domínios comparados não precisavam exibir similaridades superficiais, o que pode demonstrar também que eles não tinham claro o papel de analogias no âmbito científico, de modo semelhante ao que ocorreu com os modelos na interação argumentativa 3. Além disso, é interessante notar que a pesquisadora demonstrou não ter familiaridade com análogo sugerido pelo estudante João (turnos 17 e 18) e isso pareceu bloquear o entendimento dela sobre a comparação que o estudante tentava mapear. Esse fato é consoante com a literatura que afirma que a familiaridade com o análogo é essencial para a compreensão dos aspectos mapeáveis entre aquele domínio e o alvo (Glynn et al., 1989; Mozzer & Justi, 2015).

Observamos que o conflito sobre a escolha do análogo mais adequado ao modelo atômico de Thomson não foi resolvido nessa primeira parte do diálogo, uma vez que houve o abandono dos análogos iniciais e a proposição de um novo análogo. A seguir, é apresentada a continuação da interação argumentativa 5.

TURNOS DE FALA	TRANSCRIÇÃO	ESCLARECIMENTOS
21	[João]: <i>Pensa aí sô. Eu já falei o meu já...</i>	João aceita tese 3.
22	[Caio]: <i>Roda de bicicleta...</i>	Caio sugere um novo análogo: roda de bicicleta (tese 4).
23	[João]: <i>Roda de bicicleta é esférico meu filho?</i>	João não aceita o análogo de Caio por ele não ter correspondência física com o átomo.
24	[Caio]: <i>Tá. Rolimã. Carrinho de rolimã. A rolimã está rolando tem um tanto de esfera por dentro uai...</i>	Caio sugere um análogo esférico [rolimã: tese 5] e utiliza explicação para esclarecer aspectos sobre o mapeamento dos dois domínios.
25	[João]: <i>É esférico, você tem que pensar em alguma coisa esférica.</i>	João continua com a ideia de que os domínios precisam apresentar correspondências físicas.
26	[Caio]: <i>Ele tem elétron onde?</i>	Caio começa a ficar confuso sobre aspectos do domínio alvo.
27	[Arthur]: <i>Na esfera uai...</i>	Arthur auxilia Caio na elaboração de ideias sobre o átomo.
28	[João]: <i>Pensa aí gente.</i>	João solicita que os colegas criem comparações.
29	[Carlos]: <i>Deixa eu pensar aqui... uma esfera, com uns círculos dentro... [imaginando com o que poderia ser comparado]</i>	Expressa sua representação mental do átomo.
30	[Marcelo]: <i>Roda de caminhão...</i>	A partir das ideias de Carlo, Marcelo sugere um novo análogo: roda de caminhão (tese 6).
31	[Carlos]: <i>Não. Nada a ver.</i>	Carlos rejeita tese 6 sem apresentar informação para refutá-la.
32	[Arthur]: <i>Rolimã... É... Tem esfera e gira, não gira?</i>	Arthur retoma a tese 5 do análogo rolimã.
33	[Caio]: <i>Gira o que?</i>	Caio, que havia sugerido a comparação com o rolimã anteriormente, não compreende as ideias de Arthur.
34	[Arthur]: <i>A rolimã não gira não?</i>	Não compreende o questionamento do colega.
35	[Caio]: <i>Mas girar como?</i>	Nesse momento, a pesquisadora retorna ao grupo e Caio fica sem resposta para sua dúvida.
36	[P]: <i>Quais foram as ideias aí gente?</i>	A pesquisadora solicita que os estudantes apresentem suas ideias.
37	[Caio]: <i>Um falou roda, outro falou rolimã, carrinho de rolimã...</i>	Caio expõe os análogos que foram sugeridos.

Quadro 14. Diálogo da interação argumentativa 5 (parte 2)

No Quadro 14 a interação *interpessoal simples* continua com os estudantes criando novas comparações e tentando resolver qual era o melhor análogo para ser comparado com o modelo atômico de Thomson. Durante a interação, observamos o surgimento de três novos análogos: rolimã, roda de bicicleta e roda de caminhão. A interação é marcada por uma disputa entre os estudantes; eles parecem interagir com a intenção de contestar as ideias dos colegas. Esse momento de aprendizagem é marcado pelo que Baker (2009) denomina *expressão de argumento*, pois é a partir da refutação e expressão de suas ideias (turnos 23,33) que os estudantes avançam na expressão de suas comparações.

Durante o diálogo é possível notar o papel essencial do mapeamento da comparação no processo argumentativo. É através do mapeamento, ou seja, da explicitação das correspondências entre os domínios comparados, que é possível que outras pessoas compreendam a comparação e percebam o potencial da mesma (Glynn, 1991; Mozzer & Justi, 2015). Por esse motivo, no processo argumentativo, quando o estudante não estabelece o mapeamento de suas comparações, ele não consegue apresentar suas ideias sobre o conceito alvo para os colegas de forma explícita e isso faz com que o grupo não consiga encontrar fundamentos para argumentar a favor ou contra aquela comparação.

A importância do mapeamento pode ser notada em dois momentos no diálogo: primeiro quando o estudante Caio sugere o mesmo análogo – rolamento – proposto por João no Quadro 11, mas como Caio não explicita as correspondências entre alvo e análogo, não fica claro para João e os demais colegas que a sugestão de Caio também se tratava de uma comparação com o rolamento. O segundo momento ocorre quando o estudante Marcelo (turno 30) sugere uma comparação com a roda de caminhão, mas como o mesmo não explicita o mapeamento para sua comparação, Carlos rejeita aquele análogo sem refletir sobre o potencial da comparação de representar o alvo. Desse modo, como Marcelo não estabelece o mapeamento, ele não visualiza argumentos a favor de sua ideia.

No decorrer do diálogo observamos que os estudantes conseguiram avançar na construção de suas ideias a partir da negociação de representações, pois, inicialmente, eles representaram o átomo como uma esfera (a partir da comparação com a birosca – Quadro 11), mas no decorrer do diálogo os estudantes apresentaram comparações que buscavam

representar a movimentação dos elétrons (a partir da comparação com o rolamento). Ou seja, mesmo na ausência de palavras adequadas para caracterizar o conceito, através das conexões entre as representações e o conceito eles avançaram em seus entendimentos (Padilha & Carvalho, 2011).

Ademais, observamos que os estudantes buscavam por correspondências físicas entre os domínios e isso dificultou o estabelecimento de comparações relacionais como as analogias e a fundamentação de argumentos (turno 23). A literatura afirma que o potencial das analogias está no fato delas possibilitarem a exploração de semelhanças relacionais que podem permitir inferências de um domínio para o outro (Aubusson, 2006). Desse modo, é plausível que a procura de comparações de *mera aparência* resultem no bloqueio de um raciocínio inferencial pelos estudantes, porque quando procuram por correspondências similares superficiais, os estudantes buscam por análogos *equivalentes* ao alvo e não *similares* a este.

Como é possível perceber, a interação não foi finalizada no diálogo apresentado no Quadro 14, portanto, a seguir é apresentado o fim do conflito e a última parte do diálogo da interação argumentativa 5.

TURNOS DE FALA	TRANSCRIÇÃO	ESCLARECIMENTOS
37	[Carlos]: <i>É... Rolimã.</i>	Carlos parece aceitar o análogo rolimã (tese 5).
38	[Arthur]: <i>É uai, a rolimã gira e tem monte de esfera...</i>	Arthur começa a mapear as correspondências entre a rolimã e o átomo.
41	[P]: <i>Hum... Tá. Mas como é a rolimã? Eu não sei, vocês me explicam?</i>	A pesquisadora não possui familiaridade com análogo sugerido pelos estudantes.
42	[Caio]: <i>É a tábua...</i>	Caio começa a explicar sobre o rolimã para a pesquisadora.
43	[Carlos]: <i>Não... Não estamos falando da tábua. É o rolamento...</i>	Carlos esclarece que os estudantes estão pensando em comparar somente o rolamento presente na rolimã.
44	[Arthur]: <i>É o rolamento...</i>	Arthur confirma que a comparação se trata do rolamento como análogo.
45	[P]: <i>Tá. Como é? Me explica para eu entender...</i>	A pesquisadora não tem familiaridade com o análogo rolamento e isso bloqueia o entendimento dela sobre a comparação dos estudantes.
46	[Marcelo]: <i>É o rolamento</i>	O estudante repete a palavra “rolamento” convencido de que se trata de algo óbvio para compreensão da pesquisadora.
47	[Carlos]: <i>É um rolamento...</i>	Repete a expressão.
48	[Arthur]: <i>E tem tipo um monte de esfera dentro... [o estudante faz um desenho para auxiliar a pesquisadora no entendimento sobre o que seria o rolamento] Seria assim [mostrando para o desenho] aqui, tem tipo um eixo central, e esse fica parado enquanto os outros estão girando</i>	O estudante desenha o rolamento para auxiliá-lo em sua explicação para a pesquisadora.
49	[P]: <i>Tá. Beleza. E o que pode ser comparado aí?</i>	A pesquisadora solicita o mapeamento da comparação.
50	[Carlos]: <i>Igual lá, fica girando com elétrons, e tem as esferas...</i>	Carlos começa a mapear as correspondências.
51	[João]: <i>Mas os elétrons ficam dentro da esfera.</i>	João refuta a comparação mapeada por Carlos e auxilia o

		colega com a informação sobre a localização dos elétrons.
52	[P]: <i>Isso. Então, você acha que não pode ser comparado porque os elétrons estão dentro da esfera?</i>	A pesquisadora questiona.
53	[João]: <i>Pode. Pode comparar...</i>	João demonstra intenção de contribuir com a discussão e não de excluir a comparação mapeada pelos colegas.
54	[P]: <i>E aí, vocês concordam?</i>	Pesquisadora questiona os demais membros do grupo.
55	[Carlos]: <i>Tem a roda de bicicleta também, que tem os raios... A roda gira, tem os raios que pode ser tipo os elétrons...</i>	Carlos retoma a tese 4 sugerida por Caio anteriormente.
56	[P]: <i>Hum...</i>	A pesquisadora parece não querer influenciar na discussão.
57	[Caio]: <i>Já está falando bobeira já...</i> [se referindo a comparação com a roda da bicicleta]	Caio parece ter mudado de ideia sobre a comparação com a roda de bicicleta que havia sido sugerida por ele na linha 23.
58	[P]: <i>E aí gente, vocês concordam? Porque você está achando que é bobeira Caio?</i>	A pesquisadora solicita que os estudantes apresentem suas ideias.
59	[Arthur]: <i>Ah... Acho que dá uai, tem aqueles raios, e... está em constante movimento...</i> [o estudante faz um desenho da roda de bicicleta]	Arthur começa a concordar com a tese 4 retomada por Carlos e utiliza explicação para esclarecer suas ideias.
60	[Caio]: <i>Mas a roda é assim</i> [faz gestos se referindo ao fato da roda não ser uma esfera e, sim um círculo]	Caio não aceita a roda de bicicleta como análogo a partir da informação do átomo ser esférico (que foi referido por João na linha 23).
61	[João]: <i>A roda de bicicleta é mesma coisa da roda do carro...</i>	João acredita que o análogo roda de carro e roda de bicicleta compartilham da mesma ideia.
62	[Arthur]: <i>Mas a roda de bicicleta tem esses raios...</i>	Arthur ressalta características distintas entre a roda de bicicleta e a roda de carro.
63	[P]: <i>E aí o que seria isso</i> [se referindo aos 'raios']?	A pesquisadora solicita o mapeamento.
64	[Arthur]: <i>Seria os elétrons, igual no outro</i> [se referindo ao modelo deles para representar o átomo de Thomson]	O estudante apresenta a correspondência entre os domínios.
65	[P]: <i>Mas aí, os elétrons eles estão em anéis ou estão nessa forma aí como é a roda da bicicleta? (...) Isso não é anel né?</i>	A pesquisadora encontra uma limitação na analogia solicitada.
66	[Arthur]: <i>É uai, isso não é anel não...</i>	O estudante percebe a limitação da analogia com a bicicleta.

67	[João]: <i>É tipo assim, que o formato da roda é o formato da esfera e por dentro são os raios e os raios são os elétrons...</i>	João expressa o mapeamento da analogia entre a roda de bicicleta e o átomo de Thomson.
68	[Arthur]: <i>E aí fica girando...</i>	Arthur completa o mapeamento feito por João.
69	[P]: <i>Mas aí, aqui na roda de bicicleta o que gira é o quê? Só a roda. Os anéis dos elétrons eles giram?</i>	A pesquisadora questiona em busca de reflexões dos estudantes sobre o modelo atômico de Thomson auxiliando-os no mapeamento da analogia.
70	[Arthur]: <i>Não...</i>	Nega a informação dos anéis de elétrons girando na esfera do átomo.
71	[Caio]: <i>Gira.</i>	Concorda com a informação dos anéis de elétrons girando na esfera do átomo.
72	[Arthur]: <i>Junto né...</i>	Muda de ideia e começa a concordar com a informação dos anéis de elétrons girando na esfera do átomo, acrescentando a informação de que esses anéis giram juntos com a esfera do átomo.
73	[Caio]: <i>Mas aí, a roda gira e os raios giram mais ainda que a roda...</i>	Afirma que os elétrons giram independentes da esfera do átomo.
74	[P]: <i>Sim! Mas aí, eu estou falando assim, na bicicleta isso acontece? Esse aro da bicicleta ele fica girando?</i>	A pesquisadora faz a reflexão sobre a relação do análogo (bicicleta) com o alvo (átomo).
75	[João]: <i>Gira.</i>	Estabelece relação entre os dois domínios.
76	[P]: <i>Mas ele gira junto com a roda. Não é?</i>	Questiona sobre a ideia do estudante.
77	[Arthur]: <i>É...</i>	Concorda com a pesquisadora.
78	[P]: <i>E no átomo?(...) Esses elétrons que estão em anéis eles giram juntos com a esfera ou eles giram diferente, giram lá dentro?</i>	Questiona em busca de ressaltar aspectos do alvo e do análogo.
79	[João]: <i>Giram diferente...</i>	Percebe que a movimentação da roda de bicicleta (análogo) se difere da movimentação dos elétrons no átomo (alvo)
80	[Caio]: <i>Então pronto uai...</i>	O estudante parece desconsiderar a analogia quando percebe uma limitação na mesma.

81	[P]: <i>Mas isso pode ser comparado, porque quando a gente discute, podemos dizer os aspectos que podem ser comparados... O que vocês vão escolher para comparar? Vocês já tiveram várias ideias aí...</i>	A pesquisadora tenta explicar que a existência de limitação não exclui o potencial da analogia.
82	[João]: <i>Ah! Eu não sei não...</i>	Fica em dúvida.
83	[Arthur]: <i>Ah! Espera aí... Tem roda de carro também...</i>	O estudante Arthur parece ter uma nova sugestão de análogo, roda de carro (tese 5).
84	[Carlos]: <i>Ah é!</i>	Concorda com a sugestão de Arthur.
85	[Arthur]: <i>Que a roda é assim, o carro freia, mas por dentro continua rodando ainda...</i>	Utiliza explicação para esclarecer sobre o análogo.
86	[P]: <i>Hum... (...) Qual é essa roda?</i>	A pesquisadora parece não possuir familiaridade com o análogo.
87	[Arthur]: <i>Ah, eu não sei o nome da roda não... (...) Eu sei que o carro está andando sabe, aí você freia assim...</i>	Tenta esclarecer sobre o análogo.
88	[João]: <i>É. O carro para e a roda continua girando...</i>	João parece compreender as ideias de Arthur sobre o análogo e começa a aceitar a tese 5.
89	[Arthur]: <i>É. O carro para e ela continua rodando...</i>	Confirma a afirmação de João.
90	[João]: <i>Só por dentro da roda</i>	Ressalta a movimentação no interior da roda independente do exterior dela.
91	[Arthur]: <i>É. Só por dentro...</i>	Confirma a ressalva de João.
92	[P]: <i>Entendi. E aí seria o quê? Essa roda girando lá dentro?</i>	A pesquisadora solicita o mapeamento.
93	[João]: <i>Os elétrons</i>	Destaca a relação da movimentação dos elétrons com a movimentação da roda.
94	[Arthur]: <i>Os elétrons...</i>	Confirma a ideia destacada por João.
95	[João]: <i>Os elétrons... Que daí eles não rodam junto com a esfera...</i>	Ressalta o mapeamento.
96	[Arthur]: <i>A esfera está tipo parada e os elétrons girando por dentro...</i>	Movimentação dos elétrons independente da movimentação da esfera do átomo.



97	[P]: <i>Então, agora, vocês vão fazer o seguinte. Anotar tudo isso. Falar o que pode ser comparado, igual vocês estão me falando aqui que essa roda de dentro por ser comparada com os elétrons por causa da movimentação dentro da esfera. E pode ser comparado mais alguma coisa?</i>	Solicita a expressão das correspondências entre os dois domínios.
98	[João]: <i>Ah, acho que é só isso mesmo...</i>	Estudante conclui que aquele mapeamento é suficiente para expressar o que eles queriam.
99	[Arthur]: <i>É, isso mesmo...</i>	Concorda com o colega João.

Quadro 15. Diálogo da interação argumentativa 5 (parte 3)

No Quadro 15 observamos que os estudantes encontravam-se no momento de decidir qual dos análogos criados por eles era melhor para ser comparado com o átomo de Thomson. Foi possível notar que, aquele era um momento colaborativo, no qual os estudantes atuaram a fim de contribuir com a discussão de escolha da comparação mais adequada. Como podemos observar no turno 51, quando João lembrou aos colegas que os elétrons do átomo estariam dentro da esfera, isso fez com que os estudantes estabelecessem novas comparações que levassem em consideração a informação ressaltada por João. Por isso, consideramos que nesse momento da interação a aprendizagem ocorreu a partir do que Baker (2009) denomina de *negociação de significados*.

Apesar dessa interação argumentativa parte 3 (Quadro 15) ter envolvido o processo de aprendizagem a partir da negociação de significados, observamos que nos diálogos vistos nos Quadros 11 e 14 os estudantes encontravam-se num processo de disputa no qual a aprendizagem ocorreu a partir da *refutação-rejeição*. Isso porque, era através da refutação da comparação proposta pelos estudantes que eles a rejeitavam e criavam uma nova.

Durante o mapeamento da comparação com a roda de bicicleta (Quadro 16), os estudantes perceberam que o fato do aro da bicicleta girar junto com a roda da mesma (turno 69 à 79) era, consideravelmente, diferente da movimentação dos elétrons no átomo, uma vez que os anéis contendo elétrons giravam independentemente da esfera do átomo.

Roda de bicicleta (análogo)	Correspondências	Modelo atômico de Thomson (alvo)
Aro girando na roda		Elétrons girando em anéis dentro do átomo
Aro girando conforme o movimento da roda		Anel girando independente da movimentação da esfera

Quadro 16. Representação da correspondência e limitação da tese 4

A partir do Quadro 16 observamos que os estudantes criaram uma *analogia* entre a roda de bicicleta e o modelo atômico de Thomson. A limitação da movimentação, apresentada no Quadro 16, funcionou, naquele momento, como uma refutação da comparação e, a partir dela, os estudantes não visualizaram mais potencial de representação na mesma, como

discutido anteriormente. Isso fez com que eles rejeitassem a analogia com a roda de bicicleta.

No momento em que eles rejeitaram a comparação com a roda de bicicleta, o estudante Arthur criou um novo análogo (turno 83) e ele e João conseguiram inferir o raciocínio da movimentação no átomo para o novo análogo (turno 85 e 88) sem apresentarem correspondências similares superficiais entre os dois domínios. Desse modo, reafirmamos que quando os estudantes conseguiram evoluir em suas abstrações e conseguiram estabelecer relações de similaridade, o processo argumentativo progrediu com argumentos mais sólidos (turno 51) do que quando discutiram sobre comparações de *mera aparência* (turno 60 e 62) e os estudantes conseguiram explorar melhor suas ideias.



Além disso, o diálogo transcrito no Quadro 15 reforça o que havíamos afirmado na interação argumentativa 5 (parte 2) sobre a importância do mapeamento. Isso porque, foi a partir do mapeamento da comparação com a roda de bicicleta que os estudantes perceberam a limitação daquela analogia.

No Quadro 15 notamos, mais uma vez, a falta de familiaridade da pesquisadora (turno 41) com o análogo retomado pelos estudantes – o rolamento. Mesmo que os estudantes tenham tentado explicar e, inclusive desenhar, o análogo para que a pesquisadora compreendesse (linha 48), ela não conseguiu compreender com clareza aquela comparação. Isso reforça a ideia de que, mesmo que haja uma tentativa de aumentar a familiaridade com o análogo (seja através de imagens, explicações etc.), a falta de conhecimento desse domínio impede a compreensão da comparação.

Ao final do diálogo (Quadro 15) observamos que os estudantes entraram num consenso de que a roda de carro seria o melhor análogo para ser comparado com o modelo atômico de Thomson. O mapeamento sugerido pelos estudantes para essa comparação encontra-se apresentado no Quadro 17.

Roda de carro¹⁵ (análogo)	Correspondências	Modelo atômico de Thomson
--	-------------------------	----------------------------------

¹⁵ Apesar de considerarmos válidas as relações estabelecidas pelos estudantes na analogia entre a roda de carro e o átomo de Thomson, sabemos que elas não são coerentes com o funcionamento da roda do carro, uma vez que todo o sistema para (exceto o motor) quando o freio é acionado.

		(alvo)
Anel girando dentro da circunferência da roda		Elétrons girando em anéis dentro da esfera do átomo
Anel girando no interior da roda independente da movimentação da roda		Anel girando independente da movimentação da esfera

Quadro 17. Representação das correspondências da tese 5

Notamos que os estudantes, mais uma vez, estabeleceram uma *analogia* e, a evolução do tipo de comparação permitiu um avanço das ideias deles sobre o conhecimento científico. Os estudantes começaram a evoluir no tipo de comparação quando criaram a analogia entre a roda de bicicleta e o modelo atômico de Thomson. Naquele momento eles conseguiram inferir o raciocínio de um domínio para o outro (turnos 67 e 68) sem a necessidade de correspondências físicas entre os mesmos. Isso permitiu que eles visualizassem novas relações, inclusive em comparações que eles já haviam sugerido, como foi o caso da comparação entre o rolamento e o átomo de Thomson (sugerida na primeira parte do diálogo), os estudantes conseguiram estabelecer correspondência entre a movimentação dos elétrons em anéis com a movimentação das esferas do rolamento nessa parte 3 do diálogo. Desse modo, percebemos que os estudantes conseguiram visualizar novos aspectos sobre o conceito alvo (como por exemplo, movimentação dos anéis de elétrons) quando começaram a estabelecer relações de caráter mais abstrato.

Nesse sentido, observamos que o conflito entre os estudantes foi resolvido quando eles começaram a interagir com um objetivo comum, de forma colaborativo, pois quando eles começaram a interagir buscando em conjunto uma comparação que fosse coerente com as ideias do modelo atômico de Thomson, conseguiram elaborar uma analogia.

5.1.6 Interação argumentativa 6

Tipo de interação: Conflito de opinião intrapessoal misto

Contexto: *Evento 6 da unidade didática* – os estudantes haviam estabelecido a analogia entre a roda de carro e o modelo atômico de Thomson e esse era o momento deles escolherem entre a analogia que eles mesmos criaram e a analogia com o “pudim de passas” aquela que melhor expressava o modelo atômico de Thomson.

TURNOS DE FALA	TRANSCRIÇÃO	ESCLARECIMENTOS
1	[P]: <i>Agora vamos pensar na questão quatro. Qual vocês acham que seria a melhor comparação para expressar o átomo de Thomson?</i>	Problematização: escolha entre a analogia sugerida pelos estudantes e a analogia do “pudim de passas”.
2	[Carlos]: <i>A do pudim está melhor que a nossa uai...</i>	Aceita analogia do “pudim de passas”.
3	[P]: <i>Por quê?</i>	Solicita justificativa da aceitação da analogia do “pudim de passas”.
4	[João]: <i>Ah, porque o pudim é mais esférico, não é só redondo... (...) E os elétrons espalham mais...</i>	Utiliza explicações em defesa da tese 1.
5	[Arthur]: <i>E as passas, tipo... As passas são tipo no átomo... Nos anéis...</i>	Utiliza explicação em defesa da tese 1.
6	[P]: <i>Tá. Mas espera aí, você está falando que as passas estão tipo nos anéis aqui [se referindo ao desenho do “plum pudding”]?</i>	Questiona em busca dos estudantes refletirem sobre suas próprias ideias.
7	[Arthur]: <i>É...</i>	O estudante confirma sua ideia.
8	[P]: <i>Mas aqui [se referindo ao desenho do “plum pudding”] as passas estão em anéis?</i>	Tenta auxiliar os estudantes na resolução do problema através da reflexão sobre o mapeamento da analogia.
9	[Arthur]: <i>Não...</i>	O estudante começa a perceber que a organização dos elétrons no átomo encontra-se diferente da organização das passas em um pudim.
10	[P]: <i>Tá. Então vamos continuar. Você acha que ele explica melhor porque aqui [se referindo ao desenho do “plum pudding”] é mais esférico. Isso aqui é uma esfera?</i>	Questiona sobre o formato do átomo e o formato do pudim.
11	[Carlos]: <i>Não.</i>	Percebe que a forma do pudim não é semelhante a forma do átomo.
12	[João]: <i>Não.</i>	Percebe que a forma do pudim não é semelhante a forma do átomo.
13	[Arthur]: <i>Não.</i>	Percebe que a forma do pudim não é semelhante a forma do átomo.
14	[Carlos]: <i>Não, é oval...</i>	Percebe a diferença de formato entre pudim e o átomo.

15	[P]: <i>Tá. E outra coisa, você falou que as passas ficam mais espalhadas e comparamos as passas com os elétrons. E no caso do átomo, como os elétrons estão organizados?</i>	Busca a reflexão dos estudantes sobre a correspondência de organização das passas com a organização dos elétrons.
16	[Carlos]: <i>Ficam espalhados...</i>	Expressa suas ideias sobre a organização dos elétrons no átomo.
17	[Arthur]: <i>Igual a gente mostrou aquele dia, não tem uma ordem certinha não...</i>	Expressa suas ideias sobre a organização dos elétrons no átomo.
18	[P]: <i>Aham... Mas vocês fizeram a comparação aqui de vocês por causa dos anéis dos elétrons, não foi? Porque Thomson quando descreveu o átomo, ele falou que teriam anéis invisíveis que estariam os elétrons. E aí, vocês estão me falando que os elétrons estão sendo melhor explicados aqui [se referindo ao “plum pudding”] por causa da distribuição. Todos concordam?</i>	Auxilia os estudantes na reflexão sobre a localização dos elétrons no átomo.
19	[Carlos]: <i>É uai...</i>	O estudante parece continuar acreditando que o análogo do “pudim de passas” é melhor para expressar as ideias do átomo.
20	[Caio]: <i>Concordo.</i>	Afirma que a distribuição dos elétrons é melhor representada no análogo pudim de passas.
21	[P]: <i>Tá. Mas, o que vocês podem me falar para explicar que essa analogia é melhor que a de vocês? (...) Tá. Vamos voltar as características do átomo para que possamos entender melhor. Thomson falou que o átomo seria esférico, essa esfera seria com carga positiva. Dentro da esfera estariam distribuídos os elétrons e esses elétrons estariam distribuídos em anéis que giram em constante movimento, dentro desse anel. E esses anéis, possuem a carga negativa. E aí vocês acham que esse daqui [se referindo ao análogo “plum pudding”] consegue explicar melhor o átomo?</i>	Busca argumentos dos estudantes para a escolha do análogo.
22	[Carlos]: <i>É.</i>	O estudante não consegue formular um argumento para escolha do análogo “pudim de passas”.
23	[P]: <i>Tá. E aí vocês conseguem explicar o fenômeno do experimento, quando a gente fala que</i>	Auxilia os estudantes a refletirem sobre o





	<i>as cargas foram deslocadas, vocês conseguem explicar esse fenômeno através dessa analogia do pudim de passas?</i>	movimento dos elétrons lembrando o experimento sobre eletrização por atrito.
24	[Carlos]: <i>O que?</i>	Parece não compreender o questionamento.
25	[P]: <i>Vocês conseguem me explicar o que aconteceu? Quando vocês me falaram assim o que aconteceu lá no experimento foi porque houve um deslocamento de carga. E aí o balão ficou com uma carga positiva, então houve uma movimentação dos elétrons. Daí, vocês conseguem me explicar esse fenômeno que aconteceu lá, olhando para essa comparação aqui [se referindo a analogia entre o pudim de passas e o átomo de Thomson]? (...) Ou seja, essa comparação aqui [se referindo a analogia do pudim de passas], ela consegue explicar a movimentação dos elétrons?</i>	Reformula o questionamento para compreensão dos estudantes.
26	[Arthur]: <i>Ah não... Acho que não uai!?</i>	Percebe que o análogo “plum pudding” não possui correspondência com a movimentação dos elétrons presente no átomo.
27	[Caio]: <i>Por quê?</i>	O estudante procura justificativa.
28	[Carlos]: <i>É... Acho que não... As passas estão representando tipo os elétrons, não é? Então, mas elas não se movem lá dentro não...</i>	Utiliza explicação para esclarecer suas ideias. Utiliza as informações sobre o átomo para fundamentar sua afirmação.
29	[P]: <i>Tá, elas não se movem.</i>	Concorda com o estudante.
30	[Carlos]: <i>É uai. Tudo massa aqui [apontando para a figura do análogo “plum pudding”]... Fica “paradona” lá...</i>	Percebe que o análogo “plum pudding” não consegue explicar a movimentação dos elétrons.
31	[João]: <i>Ah! E na nossa comparação aqui a roda continua rodando, mesmo parado uai...</i>	Percebe que o análogo sugerido pelo grupo consegue explicar a dinamicidade do átomo.
32	[P]: <i>Então a comparação de vocês, consegue explicar?</i>	Auxilia na escolha da melhor analogia.
33	[Carlos]: <i>Explica ué...</i>	Resposta sem explicação e argumentos.
34	[P]: <i>Por quê?</i>	A pesquisadora busca a justificativa da afirmação do estudante.
35	[Carlos]: <i>Porque no nosso ele...</i>	Começa a explicar o motivo da escolha.
36	[Arthur]: <i>Porque no nosso, até parado, ele continua em movimento, o anel...</i>	Completa a ideia do colega Carlos para fundamentar a escolha da analogia criada pelo

		grupo.
37	[P]: <i>Aham, porque aquele círculo que vocês me falaram lá que continua rodando, seriam os anéis dos elétrons... Daí vocês acham que se ali continua em movimento [se referindo a movimentação do anel da roda do carro], isso dá conta de explicar aquela movimentação dos elétrons que acontece no átomo, certo?</i>	Reformula a resposta do estudante e apresenta as correspondências da analogia do grupo.
38	[Carlos]: <i>É uai...</i>	Confirmação.

Quadro 18. Diálogo da interação argumentativa 6

No diálogo transcrito anteriormente a interação ocorreu com a intenção de resolver qual das analogias melhor expressava as ideias do átomo sugerido por Thomson. Observamos um conflito do tipo *intrapessoal misto*. O conflito é desse tipo porque cada um dos estudantes Carlos, Arthur e Caio encontravam-se num conflito pessoal para se decidir entre duas teses distintas (a analogia do pudim de passas (tese 1) e a analogia da roda de carro (tese 2)).

Apresentamos as correspondências da analogia do pudim de passas no Quadro 19 e da roda de carro no Quadro 17. O mapeamento da analogia com o “pudim de passas” foi discutido pela professora da turma, com a participação do estudantes. Já mapeamento da analogia com a roda de carro foi sugerido exclusivamente pelos estudantes durante as discussões em sala de aula.

Plum pudding (análogo)	Correspondências	Modelo atômico de Thomson (alvo)
Passas distribuídas por toda extensão do pudim		Elétrons distribuídos por toda extensão do átomo
Massa do pudim distribuída de maneira uniforme		Distribuição uniforme da parte positiva do átomo
Estático		Dinâmico
Passas distribuídas aleatoriamente		Elétrons organizados em anéis

Quadro 19. Representação das correspondências e limitações da tese 1

Através do diálogo (Quadro 18) podemos notar que os estudantes pareciam aceitar a analogia com o “pudim de passas” por considerarem a mesma um argumento de autoridade ou porque eles não tinham muita convicção ou elementos para a defesa de suas ideias pessoais. Isso fica claro através das explicações fornecidas pelos estudantes (turno 4) em defesa da tese 1, pois é possível observar que eles insistem em aceitar a analogia com o “pudim de passas” mesmo que ela seja contraditória com as próprias ideias deles sobre o átomo. É plausível que os estudantes tenham considerado a analogia com o “pudim de passas” um argumento de autoridade, pois nos livros didáticos essa analogia geralmente é apresentada para ensino do modelo atômico de Thomson.

Podemos notar que mesmo que as explicações tenham tido a função de “defesa de posicionamento”, elas foram essenciais também para *esclarecer*, pois auxiliaram na compreensão da pesquisadora sobre as ideias dos estudantes e na percepção de que eles estavam lançando mão de ideias contraditórias na defesa daquela analogia. Os estudantes tinham conhecimento sobre o formato achatado do pudim e esférico do átomo, porém negavam essa evidência que pesava contra a escolha do análogo do “pudim de passas”, afirmando que, pelo fato do pudim “ser mais esférico”, ele seria um análogo mais coerente.

Além da possibilidade dos estudantes terem considerado a analogia do “pudim de passas” um argumento de autoridade, o fato deles estarem acostumados com um ensino que não exigia deles uma atitude persuasiva também pode ter contribuído para que eles aceitassem aquela analogia apresentada pela professora sem refletir sobre a mesma.

Nesse sentido, podemos notar que o auxílio da pesquisadora durante a interação foi de grande importância para que os estudantes pudessem fazer uma escolha bem fundamentada (turnos 6, 8, 10, 15). Apesar dos estudantes não terem conseguido apresentar argumentos consistentes para a escolha da analogia do “pudim de passas” (turno 22), com o auxílio da pesquisadora, eles conseguiram contrastar as ideias das duas analogias (turnos 30 e 31) e começaram a confiar em sua criação.

Desse modo, observamos que a aprendizagem durante a interação argumentativa 6 ocorreu através da *negociação de significados* (Baker, 2009). A partir das intervenções da pesquisadora (turno 15), da expressão de explicações (turno 28) e de argumentos dos estudantes (turno 30), ocorreu a reflexão deles, que resultou na aceitação da analogia com a roda de carro, a qual conseguia representar com clareza a dinamicidade proposta no átomo de Thomson.

5.1.7 Interação argumentativa 7

Tipo de interação: Conflito de opinião interpessoal misto

Contexto: *Evento 7 da unidade didática* – os estudantes do grupo 1 haviam decidido pela analogia entre a roda de carro e o modelo atômico de Thomson, criada por eles. Em seguida, a professora solicitou que todos os grupos da turma fossem até o quadro para apresentar a analogia defendida pelo grupo e para que discutissem sobre qual daqueles análogos expostos seria o melhor para ser comparado ao modelo atômico de Thomson.

TURNOS DE FALA	TRANSCRIÇÃO	ESCLARECIMENTOS
1	[Grupo 1]: <i>O nosso!</i>	Se posicionam a favor da tese 1.
2	[Pr]: <i>Por quê?</i>	Questiona em busca de justificativa.
3	[Grupo 3]: <i>O pudim!</i>	Se posicionam a favor da tese 2.
4	[Pr]: <i>Por quê? Gente. Um de cada vez...</i>	Questiona o motivo da escolha.
5	[Grupo 3]: <i>Porque já tem os negócios lá representando os elétrons...</i>	Utiliza explicação para defender a escolha da tese 2.
6	[Pr]: <i>Os meninos acham que é pudim gente, porque os elétrons estariam distribuídos assim como as passas lá pudim... Vocês concordam?</i>	Reelabora a frase dos estudantes e expõe para a turma a ideia do grupo.
7	[Grupo 1]: <i>Mas não movimenta não uai...</i>	Refuta a tese 2 a partir da informação sobre a dinamicidade do átomo.
8	[Pr]: <i>Vocês concordam?</i>	Solicita o posicionamento dos estudantes.
9	[Grupo 1]: <i>Não.</i>	Discordam sem justificativa.
10	[Grupo 2]: <i>Não.</i>	Discordam sem justificativa.
11	[Pr]: <i>Porque?</i>	Solicita justificativa.
12	[Grupo 1]: <i>Eu acho que eles não movimentam não... Porque os elétrons estão em constante movimento, e as passas não se movimentam dentro do pudim...</i>	Expressa um argumento contra a tese 2.
13	[Pr]: <i>Gente. Os meninos aqui estão falando que não concordam.</i>	A professora problematiza a partir do argumento do grupo 1.
14	[Grupo 3]: <i>Mas, na nossa eles estão neutros...</i>	Argumentam em favor da tese 2 dizendo que como os átomos estão neutros eles estão estáticos, como as passas no pudim.
15	[Pr]: <i>Tá. Mas mesmo o átomo neutro. Os elétrons se movimentam ou não?</i>	Professora questiona.
16	[Grupo 3]: <i>Não!</i>	Grupo confirma a ideia de estabilidade do átomo neutro.
17	[Grupo 1]: <i>Movimenta.</i>	Grupo 1 não concorda com a ideia de um átomo estático.
18	[Pr]: <i>Movimenta né. Os elétrons estão em constante movimento lá no arco.</i>	Professora confirma a ideia de um átomo dinâmico e explica sua afirmação.
19	[Grupo 3]: <i>Então é o deles mesmo...</i>	Mudam de opinião e aceitam tese 1.

20	[Carlos]: <i>Óh! É a nossa mesmo [se referindo a comparação que eles criaram], a bola de futebol é parada...</i>	Contrasta a comparação com a bola de futebol sugerida por outro grupo da turma com a analogia que eles mesmos criaram.
21	[Arthur]: <i>A bolinha de vai vem é parada também...</i>	Contrasta a comparação com a bolinha de vai e vem sugerida por outro grupo da turma com a analogia que eles mesmos criaram.
22	[João]: <i>É a nossa!</i>	Afirma que a comparação sugerida por eles (roda de carro) é melhor que as demais para representar o átomo.
23	[Arthur]: <i>O rolamento, você rola só por dentro também, mas se você parar de rodar ela para também... No nosso não, o movimento da roda pode parar que lá dentro vai continuar girando.</i>	Contrasta a comparação com o rolamento sugerida por outro grupo da turma com a analogia que eles mesmos criaram.
24	[Carlos]: <i>É uai!</i>	Concorda com a afirmação de Arthur.
25	[Caio]: <i>É, a nossa é a melhor mesmo [se referindo a comparação que eles criaram]</i>	Concorda com os demais colegas.
26	[Arthur]: <i>Esfera de rolamento existe?</i>	Questiona sobre o análogo (esfera de rolamento) sugerido por um grupo da turma.
27	[Carlos]: <i>Ah, tem a esferinha que fica dentro do rolamento só se for...</i>	Tenta esclarecer a ideia.
28	[Arthur]: <i>É só falar rolamento sô. Rolamento tipo o rolamento mesmo como sendo a esfera e por dentro dela é como se fosse os anéis. Mas mesmo assim, se parar de rodar também para...Pudim fica só parado. A bolinha de vai e vem não tem nada a ver.</i>	Contrasta todas as comparações sugeridas pelos grupos da turma com a comparação que eles mesmos criaram.

Quadro 20. Diálogo da interação argumentativa 7

Através do diálogo descrito no Quadro 20, podemos notar que o momento de confronto de análogos verificado nesse diálogo desencadeou um conflito do tipo *interpessoal misto*. Nesse caso, os indivíduos que discutiram foram os estudantes do grupo. Como a ideia do grupo era consensual entre os seus integrantes, no diálogo os estudantes foram representados pelo nome do seu grupo (grupo 1, grupo 2 e grupo 3).

O conflito é do tipo interpessoal, porque ocorreu entre os integrantes do grupo 1 e do grupo 3. É do tipo misto, porque envolveu a discussão entre duas teses. As teses discutidas foram a analogia com o “pudim de passas” (tese 2) e a analogia com a roda de carro (tese 1), ou seja, são as mesmas teses apresentadas na interação argumentativa 6 através dos quadros 17 e 19.

Durante o diálogo (Quadro 20) notamos que os estudantes do grupo 1 estavam convencidos de que a analogia que eles mesmos criaram era melhor para expressar o átomo. Desse modo, eles conseguiram formular argumentos que influenciaram na mudança de opinião do grupo 3 (que inicialmente aceitava a analogia com o “pudim de passas”). Além dos estudantes, a professora teve papel fundamental no direcionamento da discussão, garantindo que as interações que os estudantes estabeleciam entre eles e com as novas informações contribuíssem para a construção de ideias mais coerentes sobre o conhecimento científico e, conseqüentemente, de escolhas de análogos mais coerentes com a representação daquele conhecimento (Andrade & Mozzer, 2016).

É importante notar que foi principalmente através da interação argumentativa 6 que os estudantes do grupo 3 sentiram-se convencidos do potencial da analogia criada por eles mesmos. A partir dessa certeza, os estudantes conseguiram contrastar a analogia que eles criaram com todas as analogias propostas pelos demais grupos da turma (turno 20 ao 28). Isso reforça o fato de que em situações nas quais os estudantes sentem maior domínio sobre o assunto em discussão, eles sentem-se mais confortáveis em argumentar (Cross et al., 2008).

Além disso, notamos que o momento de confronto de análogo visto na interação argumentativa 7 desencadeou um conflito do tipo *interpessoal*, diferentemente daquele momento de confronto visto na interação argumentativa 6 que desencadeou um conflito do tipo *intrapessoal*. Desse modo, apesar dos dois diálogos envolverem o momento de

confronto entre análogos, eles desencadearam interações argumentativas de tipos distintos. Isso parece acontecer porque os estudantes da turma consideraram a analogia com o “pudim de passas” um argumento de autoridade. Isso explica porque os estudantes do grupo 1 vivenciaram inicialmente um conflito do tipo intrapessoal: eles não tinham elementos suficientes para argumentar a favor da analogia criada por eles mesmos diante de um argumento de autoridade.

No entanto, na interação 7 quando os estudantes do grupo 1 já haviam vivenciado um momento em que eles perceberam as limitações daquela analogia com o “pudim de passas”, eles tinham mais elementos para argumentar contra aquele análogo. Apesar disso, os estudantes do grupo 3 ainda consideravam a analogia com o “pudim de passas” um argumento de autoridade e, por isso, tentavam argumentar a favor daquele análogo (turnos 5 e 14).

Ademais, observamos que a aprendizagem nesse diálogo (Quadro 20) ocorreu através da *expressão de argumentos* (Baker, 2009). Isso porque, foi a partir dos argumentos elaborados pelos estudantes (por exemplo, turno 12) e das explicações proporcionadas pela professora (turno 18) que os estudantes resolvem o conflito interpessoal e o grupo 3 decidiu pela aceitação da analogia que compartilhava relações de similaridade com a movimentação dos elétrons do átomo (tese 1).

5.2 Síntese da análise

Para uma visão mais ampla dos resultados, sintetizamos através de representações as relações que conseguimos estabelecer a partir da análise das interações. A seguir, apresentamos um esquema sobre a relação dos momentos da unidade didática com a ocorrência das interações argumentativas. Posteriormente, apresentamos a relação dos momentos de criação de comparação, escolha e validação do análogo mais adequado e confronto entre análogos com o tipo de interação argumentativa. Finalmente, apresentamos uma representação da evolução das principais ideias dos estudantes sobre os modelos de Dalton e Thomson.

5.2.1 Ocorrência das interações argumentativas durante os eventos da UD

Apresentamos na Figura 6 um esquema relacionando os eventos propostos na unidade didática com a ocorrência de interações argumentativas naqueles momentos.

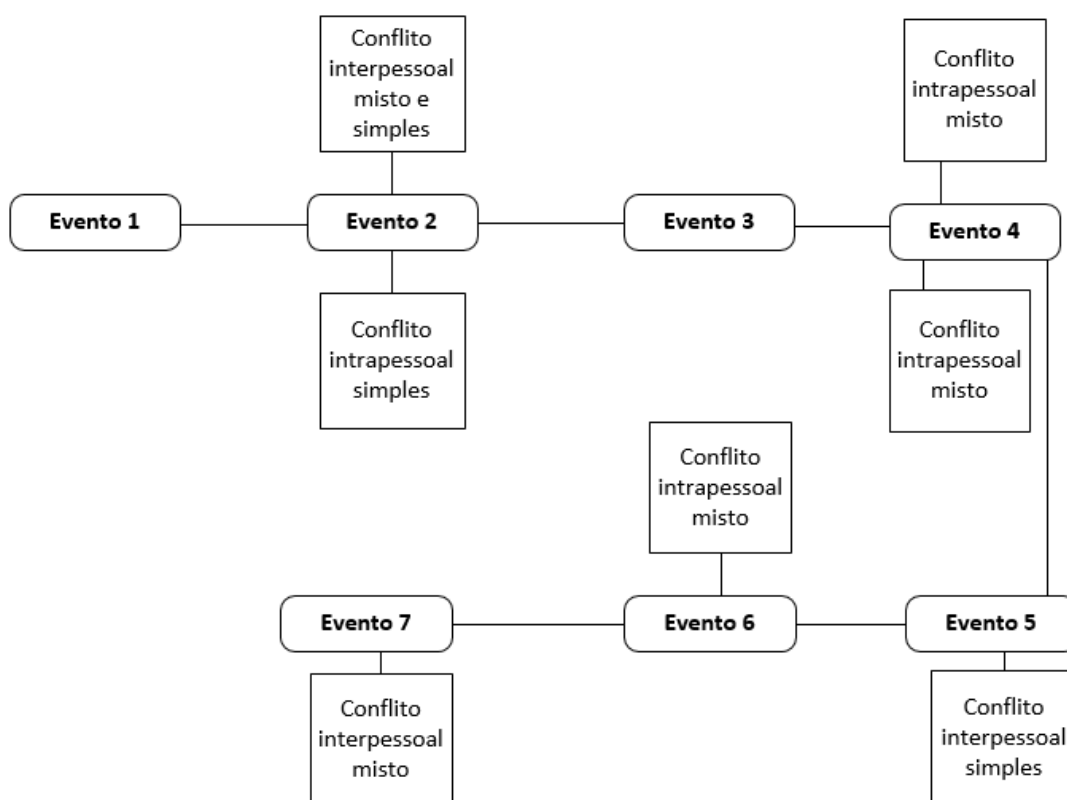


Figura 6. Relação dos eventos da UD com a ocorrência de interação argumentativa

A Figura 6 apresenta os sete eventos propostos na unidade didática e cada caixa conectada ao evento indica o tipo de interação argumentativa que ocorreu naquele evento. Desse

modo, o evento que se encontra sem qualquer caixa conectada a ele significa que não houve a ocorrência de interação argumentativa naquele momento.

A partir do esquema podemos observar que não ocorreu interação argumentativa nos eventos 1 e 3. O evento 1 era destinado a discutir a teoria das misturas gasosas a partir da proposição de modelos pelos estudantes e discussão de textos. Talvez por esse evento ter sido o primeiro contato dos estudantes com aquele tipo de atividade – criação e crítica de modelos – isso pode ter dificultado a interação deles, uma vez que eles estavam acostumados com um contexto de ensino em que, comumente, não tinham muita oportunidade de expressar suas ideias.

O evento 3 envolveu um momento de fechamento das ideias sobre o modelo atômico de Dalton e a realização de um experimento sobre eletrização por atrito para introduzir a discussão sobre o modelo atômico de Thomson. O fato desse evento não ter envolvido interações argumentativas nos parece plausível, porque ele foi planejado para a sistematização de ideias e isso implicou em um discurso de autoridade da professora em direção às ideias científicas. Além disso, os estudantes tiveram dificuldades em compreender a relação entre o modelo e o experimento da eletrização por atrito. Essa dificuldade dos estudantes em estabelecer relação entre o modelo e o fenômeno já havia sido ressaltada por Melo e Neto (2013). Para os autores esse entrave pode estar relacionado ao fato dos modelos atômicos serem inseridos em uma unidade estanque, que não se encontra relacionada a discussões sobre os modelos para a matéria e para as substâncias, por exemplo, isto é, estabelecendo relações entre os níveis submicroscópico e macroscópico da matéria. Desse modo, a ausência de interação argumentativa nesse evento 3 é plausível, pois era difícil para os estudantes se envolverem em processos argumentativos enquanto ainda lidavam com a dificuldade de compreender a discussão sobre a movimentação dos elétrons presentes nos átomos dos balões.

O evento 2 era destinado à criação e crítica de modelos e comparações para expressar o modelo atômico de Dalton e favoreceu três tipos de conflitos: interpessoal misto e simples e intrapessoal simples. Observamos que nesse evento os estudantes se envolveram em argumentação com o objetivo de defender seus pontos de vista (interação argumentativa 1) e suas comparações (interação argumentativa 2). Além disso, os estudantes se envolveram em processos argumentativos quando foram mapear as correspondências entre os domínios

alvo e análogo, pois esse momento desencadeou reflexões sobre o conceito alvo e sobre o potencial das comparações que eles haviam estabelecido.

Os eventos 4 e 5 envolveram a criação e crítica de modelos e comparações, respectivamente, para representar o modelo atômico de Thomson. Os estudantes se envolveram em conflitos argumentativos no evento 4 quando refletiram sobre seus modelos (interação 3 e 4), por isso, ocorreram conflitos do tipo intrapessoal. Esses momentos de reflexão por parte dos estudantes foram importantes para que a professora e a pesquisadora os auxiliassem no desenvolvimento de visões mais coerentes com o conhecimento científico. Além dos momentos de reflexão, os estudantes se envolveram em conflitos argumentativos enquanto validaram e selecionaram suas comparações (interação 5).

Os eventos 6 e 7 envolveram momentos de confronto entre análogos. Ao propormos nossa pesquisa, tínhamos conhecimento, através do trabalho de Emig et al. (2014), que o confronto de cenários análogos pelos estudantes favorecia a ocorrência de processos argumentativos; mas o que percebemos através de nossa análise é que a ocorrência desses processos vai além dos momentos de confronto de análogos como evidencia a Figura 7 a seguir, incluindo também momentos nos quais os estudantes criaram, escolheram e validaram suas comparações. Além disso, a partir da análise de nossos dados, percebemos que o confronto de análogo pode desencadear diferentes processos argumentativos (conflitos intrapessoal e interpessoal).

Podemos notar que os eventos que envolveram a criação e crítica de modelos e comparações (eventos 2, 4 e 5) foram os momentos que mais desencadearam processos argumentativos entre os estudantes. Acreditamos que isso está relacionado ao caráter mais aberto desses momentos, que oportunizaram discussões entre os estudantes e com a professora e a pesquisadora, uma vez que, algo essencial para se ocorrer a argumentação é o favorecimento de momentos dialógicos (Berland & Reiser, 2009; Jiménez-Aleixandre, 2010; Newton et al., 1999). Além disso, consideramos que, como esses momentos envolverem o posicionamento dos estudantes perante a resolução de problemas sobre as representações criadas por eles, eles atuaram em defesa das mesmas. Maiores esclarecimentos sobre a relação entre a criação e crítica de comparações e a ocorrência de processos argumentativos são apresentados na subseção a seguir.

5.2.2 Relação dos momentos de criação e revisão de comparações com os tipos de interações argumentativas

Apresentamos através da Figura 7 as relações entre os tipos de interações argumentativas e os momentos de criação, escolha do análogo mais adequado, validação de comparações e confronto entre análogos vivenciados pelos estudantes.

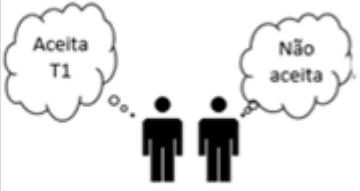




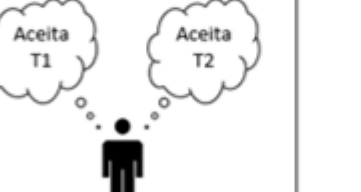
	CONFLITO INTERPESSOAL SIMPLES	CONFLITO INTERPESSOAL MISTO	CONFLITO INTRAPESSOAL MISTO	CONFLITO INTRAPESSOAL SIMPLES
CRIAÇÃO DE COMPARAÇÃO				
ESCOLHA DO ANÁLOGO MAIS ADEQUADO E VALIDAÇÃO DA COMPARAÇÃO				
CONFRONTO ENTRE ANÁLOGOS				

Figura 7. Relação dos momentos do raciocínio analógico com o tipo de interação argumentativa

Na Figura 7, os bonecos representam os indivíduos envolvidos nas interações argumentativas. Portanto, o tipo interpessoal, que envolve mais de um indivíduo, é representado por dois bonecos lado a lado e o tipo intrapessoal por somente um boneco. Os balões representam a discussão durante a interação, que podem envolver duas teses (misto) e somente uma tese (simples). O quadro também relaciona os diferentes tipos de conflito identificados aos diferentes momentos de criação e revisão de comparações vivenciados pelos estudantes (criação, escolha do análogo mais adequado e validação da comparação).

A partir da Figura 7 é possível observar que houve maior ocorrência de conflitos do tipo interpessoal, ou seja, entre mais de um indivíduo. Acreditamos que isso ocorreu porque em muitos momentos os estudantes buscavam promover suas próprias comparações, por isso, se envolviam em conflitos interpessoais com seus colegas. O trabalho de Emig et al. (2014) evidenciou que na comparação entre cenários análogos os estudantes utilizavam de dados para justificar seus pontos de vista e refutar as ideias dos colegas, mas em nosso contexto, observamos que a defesa de pontos de vista foi além das situações de confronto entre análogos, sendo observada na maioria dos processos do raciocínio analógico. Tal defesa ocorreu de forma bastante incisiva, inclusive entre membros de um mesmo grupo de estudantes.

Alguns autores (por exemplo, Berland & Reiser, 2009; Duschl & Osborne, 2002; Newton et al., 1999) já haviam afirmado que a comunicação estabelecida dentro de grupos de estudantes influencia na manifestação de opiniões divergentes, favorecendo a ocorrência de situações argumentativas nas quais os estudantes precisam apoiar suas opiniões baseando-se em evidências. Isso reforça o que afirmamos anteriormente sobre os estudantes defenderem seus pontos de vista entre membros de um mesmo grupo. No entanto, observamos que quando os estudantes definiam comparações consensuais no grupo, eles buscavam uns aos outros para apoiar argumentos em defesa de suas criações nas discussões com a professora, com a pesquisadora e com estudantes de grupos distintos.

É importante ressaltar que, em nosso contexto de pesquisa, os estudantes argumentaram e defenderam suas comparações a partir de informações encontradas no texto disponibilizado durante a atividade. Desse modo, consideramos que o texto teve o papel primordial de interlocutor da opinião de especialista durante os momentos de criação e revisão de comparações pelos estudantes e quando eles argumentaram em defesa das mesmas.

No contexto de ensino comumente vivenciado pelos estudantes, a professora era a fonte primária de conhecimento e, através dele, os estudantes buscavam respostas para suas dúvidas; nas atividades propostas na UD, no entanto, o texto proporcionou aos estudantes uma outra forma de fundamentarem seus posicionamentos, inclusive frente a própria professora. O texto escrito distribuído durante as atividades era fundamentado em fontes históricas e em diversos momentos convidava os estudantes a serem colaboradores dos cientistas (por exemplo, auxiliando os cientistas na comunicação de suas ideias). Acreditamos que isso pode ter contribuído para que o texto se tornasse potencialmente engajador para a argumentação do estudantes.

O conflito do tipo intrapessoal simples ocorreu somente nos processos de escolha do análogo mais adequado e de validação da analogia. Os estudantes se envolveram num processo argumentativo quando ficaram em dúvida sobre o potencial da comparação criada por eles no momento em que a pesquisadora os auxiliou a estabelecerem o mapeamento da analogia (interação argumentativa 2). Desse modo, observamos que quando os estudantes se encontraram no processo de avaliação de suas comparações, eles se envolveram em processos argumentativos a partir da reflexão sobre o conceito alvo, quando buscavam a aceitação ou rejeição da comparação. Além disso, o que notamos é que a interação argumentativa era finalizada a partir da expressão de informações do alvo que contradiziam aspectos das correspondências estabelecidas na comparação e, especialmente, a partir da declaração de limitações daquela comparação, pois quando a limitação era profundamente contraditória com as ideias científicas sobre o alvo a que tiveram acesso, os estudantes optavam pela rejeição da comparação.

Através da Figura 7 percebemos que os momentos que envolveram confronto entre análogos ocorreram dois tipos distintos de interação argumentativa. Acreditamos que essa distinção aconteceu devido ao fato do confronto ter envolvido uma analogia que foi considerada argumento de autoridade pelos estudantes. Neste sentido, ao participarem de processos argumentativos em que a analogia com o “pudim de passas” era considerada argumento de autoridade os estudantes não conseguiram formular argumentos bem fundamentados em defesa da mesma e se envolveram em conflitos intrapessoais e interpessoais quando quiseram defender uma analogia simplesmente por considerarem que a mesma expressava uma ideia de prestígio. Isso nos faz pensar que a apresentação de

analogias prontas (formuladas por professores, autores de livros didáticos etc.) pode não favorecer – e até mesmo impedir – um processo argumentativo efetivo, como o vivenciado pelos estudantes participantes dessa pesquisa.

Ademais, observamos que os momentos de criação e revisão de comparações vivenciados pelos estudantes influenciaram diretamente nos tipos de conflitos que ocorreram, sendo importante ressaltar que todos os momentos foram propícios para o desencadeamento de interações argumentativas. Além disso, notamos que todos os tipos de conflitos propostos no modelo de Baker (2009) ocorreram em um dos momentos de criação, escolha do análogo mais adequado, validação da comparação e confronto de análogos. Isso nos permite afirmar que o contexto de criação e crítica de comparações propiciou, de forma considerável, a ocorrência de processos argumentativos.

Notamos também que as justificativas dos argumentos dos estudantes eram melhor fundamentadas dependendo do tipo de comparação (mera aparência, similaridade literal, analogias) que era estabelecida por eles durante a discussão. Consequentemente, esse fato influenciou na evolução conceitual dos estudantes. A relação entre os tipos de comparações e a evolução conceitual a partir dos processos argumentativos é discutida na subseção a seguir.

5.2.3 Evolução do entendimento conceitual dos estudantes: processos argumentativos versus tipos de comparações

Apresentamos nas figuras 8 e 9 uma síntese das ideias dos estudantes sobre os modelos atômicos de Dalton e Thomson com a intenção de produzirmos uma visão mais ampla sobre a evolução das ideias dos estudantes durante a discussão desses conceitos.

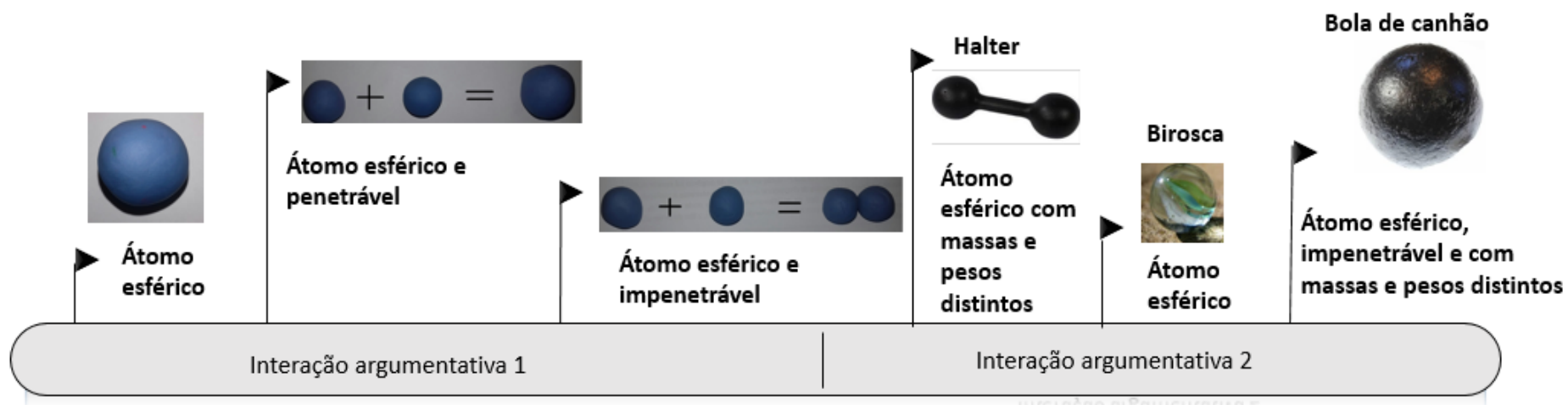


Figura 8. Desenvolvimento temporal das ideias dos estudantes sobre o modelo atômico de Dalton ao longo da sequência de ensino

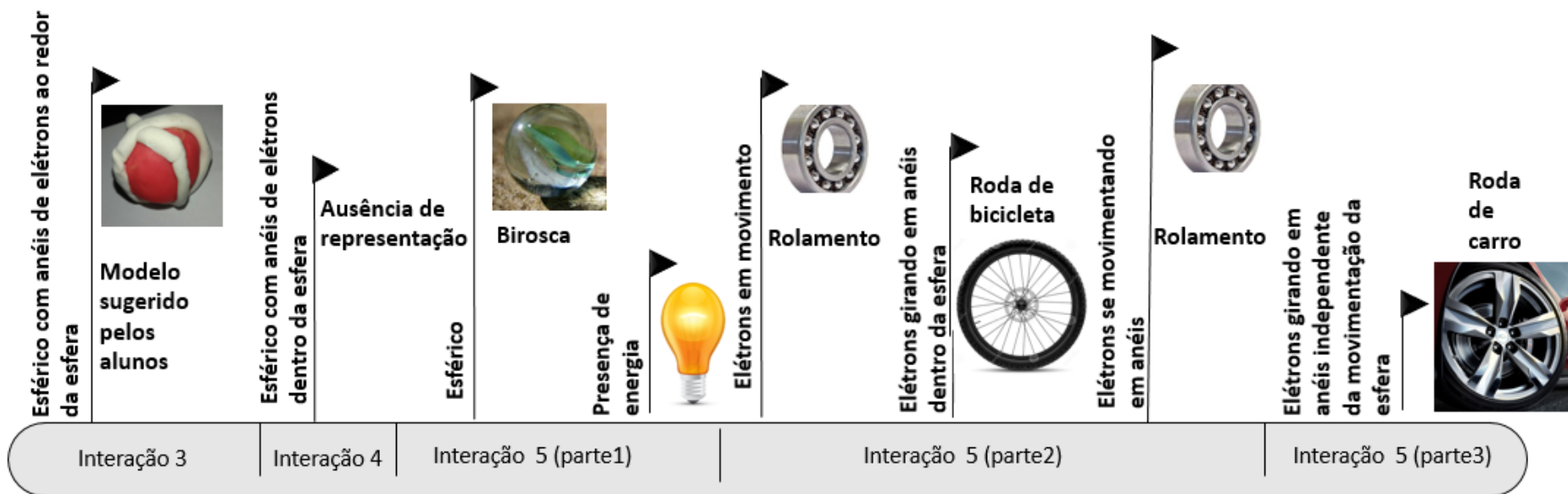


Figura 9. Desenvolvimento temporal das ideias dos estudantes sobre o modelo atômico de Thomson ao longo da sequência de ensino

A partir das figuras 8 e 9 podemos perceber a importância de se transitar por diferentes modos de expressão de modelos para evolução do conhecimento (Gilbert, 2005). Isso porque, as figuras demonstram que os estudantes conseguiram expressar diferentes aspectos do átomo a partir da mudança do modo de expressão utilizado.

Na figura 8 notamos que os estudantes conseguiram apresentar as características sobre diferenças de massas e pesos a partir da criação das comparações com o halter e a bola de canhão. Do mesmo modo, percebemos que eles conseguiram expressar a característica de impenetrabilidade do modelo atômico de Dalton através do modelo concreto.

Na figura 9 isso também fica claro quando os estudantes conseguiram expressar a movimentação dos anéis de elétrons e a localização dos mesmos dentro da esfera do átomo a partir da expressão de comparações com o rolamento e roda do carro. Além disso, através do modelo concreto expresso pelos estudantes (ver figura 9), a professora pode perceber que incoerências em suas ideias sobre o modelo atômico de Thomson (anéis de elétrons externos à esfera).

É possível notar que os tipos de comparações estabelecidas pelos estudantes influenciaram diretamente na evolução conceitual deles. Isso porque, ao estabelecerem comparações que exigia menor abstração sobre os conceitos (como é caso das comparações de mera aparência), os estudantes elaboravam argumentos fundamentados apenas em aspectos físicos do átomo e isso não possibilitava que eles evoluíssem para compreensões mais profundas sobre o alvo. Um exemplo disso pode ser visto através da figura 9, com a comparação de mera aparência estabelecida com a birosca. Mesmo que os estudantes já tivessem discutido sobre um modelo com anéis de elétrons dentro da esfera, ao estabelecerem essa comparação de mera aparência o único aspecto que eles conseguiram ressaltar do alvo foi a característica esférica do átomo (aspecto físico).

Apesar das comparações de mera aparência serem limitadas a correspondências de aspectos físicos entre os dois domínios, quando elas são expressas pelos estudantes, podem permitir ao professor acessar concepções inadequadas dos estudantes que, dificilmente, ele acessaria através de um questionamento direto (Mozzer, Justi, & Costa, 2011). Em nossa pesquisa a expressão de comparações de mera aparência (como aquela com a lâmpada) aliada aos processos argumentativos em torno de todos os tipos de comparações e modelos

estabelecidos pelos estudantes, permitiram à professora o acesso às ideias dos estudantes, possibilitando a ela um redirecionamento na discussão dessas ideias. Aliado a isso, as explicações fornecidas pelos estudantes permitiram a professora uma maior compreensão sobre as comparações e modelos sugeridos por eles e, conseqüentemente, sobre suas ideias sobre o conceito.

Desse modo, o processo de evolução conceitual dos estudantes em nosso contexto esteve diretamente ligado à atuação da professora e/ou da pesquisadora. Isso porque, foi através dos questionamentos e explicações fornecidas por elas que os estudantes refletiram sobre suas comparações e modelos e reformularam suas ideias. Esse papel dos questionamentos feitos pelo professor durante a elaboração de analogias e modelos já havia sido ressaltado por Andrade e Mozzer (2016) quando as autoras afirmaram que os questionamentos dos professores auxiliam na (re)construção e (re)estruturação das ideias por parte dos estudantes. Em nossa pesquisa, realizada em contexto argumentativo os questionamentos feitos pela professora também assumiram importante papel na construção de argumentos mais fundamentados por parte dos estudantes.

Nesse sentido, observamos que o fato da pesquisadora desconhecer o análogo sugerido pelos estudantes (rolamento) fez com que ela não explorasse a comparação com aquele análogo de forma satisfatória para a evolução das ideias dos estudantes. Através da figura 9 é possível notar que a comparação com o rolamento apareceu mais de uma vez durante o diálogo da interação argumentativa 5, mas como a pesquisadora não explorou a correspondência entre a movimentação dos elétrons e a movimentação das esferas do rolamento, os estudantes não tiveram convicção para defender aquela comparação.

Observamos que outro fator que influenciou na evolução conceitual dos estudantes foi o objetivo com que eles se envolveram no processo argumentativo, ou seja, se eles interagem com uma intenção colaborativa ou somente com a intenção de refutar as ideias do colega (sem refletir sobre as mesmas). Isso pôde ser notado através da classificação dos processos de aprendizagem segundo Baker (2009) e através da análise da intenção das explicações fornecidas pelos estudantes (se eram com objetivo de esclarecer aspectos de suas ideias ou de defender seus posicionamentos). Ao classificarmos como ocorreu a aprendizagem em cada interação argumentativa notamos que quando o processo de aprendizagem envolveu a *negociação de significados* ou a *expressão de argumentos* (com intenção colaborativa) os

estudantes conseguiram desenvolver ideias melhor fundamentadas sobre o conhecimento científico. No entanto, nos casos que ocorreram o processo de aprendizagem a partir da *refutação-rejeição*, os estudantes pareciam não refletiram muito sobre o conceito, devido à dinâmica do debate. Isso é plausível, pois é mais fácil para os estudantes aceitarem ou rejeitarem uma determinada solução do que fornecerem argumentos para contribuírem com a discussão (Baker, 2009).

Levando-se em consideração todos os aspectos ressaltados anteriormente e através das figuras 8 e 9, é possível notar que, em geral, os estudantes (re)construíram ideias coerentes sobre o conhecimento científico. Desse modo, as evidências apontam que essa (re)construção das ideias esteve relacionada, especialmente, com quatro aspectos: (i) a condução da professora/pesquisadora durante as atividades; (ii) a oportunidade que os estudantes tiveram em transitar entre diferentes modos de expressão de modelos; (iii) os processos argumentativos que ocorreram nos momentos de criação, escolha do análogo mais adequado, validação de comparações e confronto entre análogos vivenciados pelos estudantes e (iv) o texto histórico com solicitações interativas.

Capítulo 6. Conclusões e Implicações para o Ensino e a Pesquisa

Em nosso trabalho, de um modo geral, nos preocupamos em observar (i) *se e como* o grupo de estudantes do ensino médio investigado argumentaria a partir da criação e crítica de analogias; (ii) as influências da estratégia de ensino que foi desenvolvida nas aulas com o uso da UD para a aprendizagem daqueles estudantes sobre os conceitos dos modelos atômicos de Dalton e Thomson. A partir daí, com a intenção de atender aos dois objetivos gerais de pesquisa citados, elaboramos três questões de pesquisa que serão respondidas a seguir a partir dos resultados e discussões apresentados no capítulo anterior.

Respostas às questões de pesquisa

Nossa primeira questão de pesquisa se relaciona com o desenvolvimento da Unidade Didática, mais especificamente, perguntamos: ***“Como o desenvolvimento da UD pode ser caracterizado em termos da ocorrência e da natureza das interações argumentativas durante seu desenvolvimento em sala de aula?”***. Ao fazermos esse questionamento, tínhamos o objetivo de analisar, de modo geral, se a proposta que desenvolvemos para ensino dos modelos atômicos de Dalton e Thomson iria contribuir para a argumentação dos estudantes no contexto investigado.

A Unidade Didática é composta por sete eventos. Observamos que quase todos eles foram favoráveis para ocorrência de interações argumentativas, exceto os eventos 1 e 3. O evento 1 era destinado a discutir as ideias iniciais de Dalton a partir da criação e crítica de modelos sobre a distribuição dos gases na atmosfera. Atribuímos a ausência de interações argumentativas naquele evento especialmente ao fato dos estudantes sentirem-se acanhados no momento inicial da pesquisa, o que pode ter contribuído para que eles não se sentissem à vontade em participar do discurso de sala de aula. Mas, além disso, a expressão do raciocínio e a comunicação entre estudantes visando a (re)elaboração do conhecimento científico não eram comuns no contexto de ensino vivenciado por eles; por isso, práticas argumentativas naquele contexto não eram usuais. Isso também pode ter contribuído para ausência de interações argumentativas no primeiro evento da UD, pois, como afirma Jiménez-Aleixandre (2010), para que os estudantes tenham mais facilidade em praticar a argumentação é necessário que ela se torne parte da cultura da sala de aula.

No caso do evento 3, ele foi planejado para o fechamento das ideias centrais sobre o modelo atômico de Dalton e introdução do modelo atômico de Thomson, portanto a sistematização dos conceitos implicou em um discurso de autoridade da professora, isto é, o conduziu em direção às ideias científicas, por isso também era plausível que os estudantes não se envolvessem em argumentação.

Apesar da falta de prática em argumentar dos estudantes no contexto investigado, notamos que nos eventos 2 e 4, que envolviam a discussão e proposição de modelos pelos estudantes sobre os modelos atômicos de Dalton e Thomson, a argumentação ocorreu a partir de uma busca de representações mais coerentes com o modelo curricular, pois isso era solicitado a eles nos textos que discutiam as ideias daqueles cientistas sobre o átomo. Desse modo, a partir das discussões entre os estudantes e dos questionamentos que eram feitos pela professora e/ou pesquisadora, os estudantes se expressavam e argumentavam a fim de elaborar seus modelos de acordo com as ideias apresentadas nos textos sobre os modelos atômicos de Dalton e Thomson.

Os eventos 2, 5, 6 e 7 envolviam a criação e crítica de analogias e o confronto entre análogos. Constatamos que todos eles favoreceram a ocorrência de argumentação. No caso dos eventos 2 e 6, os estudantes se envolveram em interações argumentativas quando refletiram, a partir dos questionamentos da pesquisadora, sobre certas características dos modelos atômicos de Dalton e Thomson. Os estudantes tentaram escolher uma comparação que expressasse com coerência as ideias daqueles modelos atômicos. Nos eventos 5 e 7, os estudantes se envolveram em argumentação com objetivo de eleger suas próprias comparações e/ou argumentar contra as ou a favor das comparações dos colegas.

Alguns trabalhos (Justi, 2015; Oliveira et al., 2015) que pesquisaram em contextos de atividades de modelagem no ensino de química verificaram que a discussão sobre os diferentes modos representacionais dos modelos podem contribuir para a ocorrência da argumentação em sala de aula. Em nosso contexto, não trabalhamos com atividades de modelagem da forma como definido pelas autoras citadas, mas percebemos que a discussão sobre as representações criadas pelos estudantes também contribuiu para ocorrência da argumentação, mas além disso, a forma como foram elaboradas as atividades na UD, que solicitavam o uso de representações (como as comparações) para auxiliar os cientistas, contribuíram para que os estudantes buscassem por informações sobre o conceito e

argumentassem na procura de representações coerentes com objetivo de dialogar e auxiliar o cientista.

É importante destacar que o auxílio e intervenção dos professores na promoção de atividades argumentativas é de extrema importância, pois é a partir dos questionamentos e direcionamentos dados por eles que os estudantes podem (re)elaborar suas ideias sobre o conceito científico (Newton et al., 1999; Oliveira et al., 2015). Em outras palavras, o professor deve ser um fomentador da argumentação. Por isso, a atuação da professora e da pesquisadora em nosso contexto foi essencial para possibilitar a ocorrência de interações argumentativas em todos os eventos.

Nesse sentido, o que concluímos foi que o desenvolvimento da UD no contexto investigado foi profícuo para a geração de interações argumentativas, mesmo que a argumentação científica não fosse usual naquela sala de aula. Acreditamos que a forma como foi elaborada a UD (com a criação e crítica de modelos e analogias, discussão de textos históricos e com solicitações interativas) pode ter colaborado para a manifestação de ideias dos estudantes. Além disso, acreditamos que outros dois fatores mais gerais, porém não menos importantes, também influenciaram na argumentação dos estudantes. São eles: (i) o fato dos estudantes terem sido organizados em grupos, o que facilitou a comunicação entre eles e com a professora/pesquisadora (Duschl & Osborne, 2002; Berland & Reiser, 2008), (ii) as orientações e os questionamentos realizados pela professora e pesquisadora.

Com relação à segunda questão, ***“Como os processos de criação de comparações, mapeamento e avaliação, escolha de comparações e confronto entre análogos se relacionam com a natureza das interações argumentativas, segundo o modelo de Baker (2009)?”***, nosso objetivo era analisar como os processos vivenciados pelos estudantes durante a criação e crítica de analogias e o confronto entre análogos estariam associados aos diferentes tipos de interações argumentativas identificados por Baker (2009) no discurso da sala de aula e aos propósitos dos estudantes ao estabelecerem essas interações.

Para respondermos essa questão, iremos identificar e discutir, separadamente, a relação entre cada processo vivenciado pelos estudantes na discussão das comparações (criação, mapeamento e confronto) com o tipo de interação argumentativa ocasionado daquele processo.

No processo de *criação de comparações* observamos que os estudantes se envolveram num conflito do tipo *interpessoal simples*, ou seja, entre dois ou mais indivíduos sobre somente uma comparação (tese). Notamos esse processo na interação argumentativa 5, quando os estudantes sugeriram diferentes comparações para o modelo atômico de Thomson. Observamos que eles, algumas vezes, se envolveram em argumentação durante o processo de criação de comparações com objetivo de refutar as ideias dos colegas, porém, sem refletir sobre as mesmas, como foi o caso da interação entre Caio e Carlos vista no início do Quadro 11 [turnos de fala 2, 3, 4 e 5]. Apesar dessa situação, na maioria das vezes, os estudantes se envolveram em argumentação durante a criação de comparações com objetivo de encontrar representações mais coerentes com as ideias do alvo [turnos de fala 53 à 66]. Essa busca de comparações mais coerentes às vezes implicava em argumentar contra as comparações sugeridas pelos colegas e, outras vezes, a favor das mesmas [turnos de fala 60 e 57].

Desse modo, observamos que os estudantes argumentavam porque buscavam comparações que fossem melhores para representar o átomo. No entanto, alguns estudantes buscavam comparações que tivessem características superficiais similares entre os dois domínios (comparações do tipo mera aparência) [turno de fala 58], enquanto outros estudantes visualizavam potencial em comparações que apresentavam correspondências de *relações de similaridade* entre os dois domínios (similaridades literais e analogias) [turno de fala 57]. É importante ressaltar que a atitude dos estudantes de buscarem por diferentes tipos de comparações favorecia o levantamento de diferentes características do alvo durante a interação do grupo.

Nesse sentido, concluímos que durante o processo de criação de analogias, a atitude dos estudantes era se envolver em interações argumentativas com os seus colegas (interpessoal) para discutir sobre a comparação sugerida. Mais comumente, a argumentação ocorria de modo colaborativo para criar representações coerentes com as ideias científicas, mas, em alguns casos, os estudantes argumentavam simplesmente porque queriam refutar as ideias do colega.

O processo de *mapeamento* (levantamento de correspondência entre os domínios) e *avaliação da comparação* (análise da validade das relações analógicas) ocorreu em todas as interações argumentativas envolvendo comparações, pois para escolher uma delas era

necessário que os estudantes explicitassem as correspondências entre os análogo e o alvo e validassem aquela comparação. Mozzer e Justi (2015) destacam a importância desses processos durante a criação de analogias pelos estudantes, pois o mapeamento permite que o professor compreenda o raciocínio e os conhecimentos que o estudante está inferindo de um domínio para o outro. Tomando por base as correspondências ressaltadas a partir do mapeamento, através do processo de avaliação da comparação, o professor pode mediar a discussão de modo que os estudantes analisem os potenciais de explicação e predição das comparações elaboradas. Em outras palavras, o professor pode orientar os estudantes a avaliarem se as comparações de fato permitem e contribuem para visões coerentes sobre o conceito alvo.

Observamos que na interação argumentativa 2, o processo de mapeamento e avaliação da comparação gerou um conflito argumentativo. Desse modo, para analisar especificamente a relação entre o mapeamento e avaliação da comparação com o tipo de interação argumentativa gerada desse processo, avaliamos somente essa interação argumentativa, na qual a argumentação foi *ocasionada* pelo processo de mapeamento e avaliação.

Nos processos de mapeamento e avaliação observamos que os estudantes se envolveram num conflito *intrapessoal do tipo simples*. Isso porque, durante aqueles processos os estudantes ficaram em dúvida (intrapessoal) sobre uma comparação (simples) sugerida por eles. Isso ocorreu na interação argumentativa 2 quando os estudantes, após criarem a comparação entre o halter e o modelo atômico de Dalton e expressarem as similaridades identificadas, buscaram validá-la. O conflito foi gerado a partir do momento em que a pesquisadora auxiliou os estudantes no levantamento das correspondências e limitações da analogia criada por eles.

O conflito do tipo intrapessoal ocorreu porque os estudantes, ora aceitavam a comparação com o halter, devido às correspondências que podiam ser estabelecidas com o alvo, ora não aceitavam aquela comparação, devido às limitações da mesma.

Nesse sentido, concluímos que o mapeamento e a avaliação da comparação favoreceram a ocorrência de interação argumentativa do tipo intrapessoal, porque contribuíram para uma reflexão dos estudantes sobre o conceito alvo e sobre a pertinência da comparação sugerida por eles. Desse modo, a interação argumentativa 2, a qual envolveu os processos

mencionados, terminou quando, a partir do auxílio da pesquisadora, os estudantes decidiram pela rejeição da comparação. Essa decisão foi tomada com base na verificação de limitações que contradiziam as ideias do alvo.

O processo de *escolha* de comparações (seleção da comparação mais pertinente para representar o conceito alvo), foi visto em dois momentos, na segunda parte da interação argumentativa 2 e na interação argumentativa 5. Na primeira, a escolha da comparação ocasionou um conflito *interpessoal do tipo misto*, ou seja, entre dois ou mais estudantes sobre duas comparações distintas. Na segunda, a escolha de comparação gerou um conflito *interpessoal do tipo simples*, ou seja, entre dois ou mais estudantes sobre somente uma comparação.

Nesse sentido, observamos que o processo de escolha de comparações ocasionou processos argumentativos *entre* os estudantes (interpessoal). Verificamos que nas interações argumentativas 2 e 5, para a escolha da comparação, os estudantes se envolveram em argumentação pelos mesmos motivos. Eles argumentaram na tentativa de promover suas próprias ideias e em busca de comparações coerentes com as ideias do alvo. Desse modo, algumas vezes, mesmo que não fosse em defesa das comparações criadas por eles, os estudantes se envolviam em argumentação para argumentar contra ou a favor da comparação que eles consideravam mais pertinente - como foi o caso do estudante Carlos, que argumentou a favor da comparação criada por João [turno de fala 23, Quadro 5].

A diferença foi que no caso da interação 5 os estudantes entraram em conflito interpessoal sobre somente uma comparação e na interação argumentativa 2 eles discutiram sobre duas comparações. Acreditamos que isso ocorreu devido à dinâmica do debate, pois na primeira os estudantes passaram por um processo no qual um estudante sugeria uma comparação e os colegas discutiram e argumentaram contra ou favor daquela comparação. A partir daí eles sugeriram uma nova comparação. No segundo caso, a partir da rejeição da analogia com o halter, os estudantes sugeriram mais de uma comparação, por isso, o conflito foi do tipo misto.

É importante ressaltar que, como dito anteriormente, a escolha de comparações também foi influenciada pelos processos de mapeamento e avaliação discutidos anteriormente, pois era a partir do conhecimento das correspondências que poderiam ser estabelecidas entre os

dois domínios que os estudantes argumentavam a favor das mesmas, e através do conhecimento das limitações daquelas comparações que eles argumentavam contra as mesmas.

Concluimos que no processo de escolha de comparações os estudantes se envolveram em argumentação na tentativa de selecionar aquelas coerentes com as ideias do alvo. Essa escolha, algumas vezes, tinha uma predisposição em promover ideias pessoais; mas, de modo geral, as interações eram realizadas de modo colaborativo, o que implicava em defender comparações que não eram de autoria própria. Kuhn (1991) realçou que nos processos argumentativos os sujeitos têm dificuldades de invalidar suas próprias formas de pensar e de buscar evidências que sejam contrárias às suas ideias. Por isso, uma das habilidades mais complexas dentro desse processo seria a de contra-argumentar. As colocações da autora nos ajudam a entender o fato de, em alguns momentos, os estudantes terem demonstrado dificuldade de modificar suas ideias pessoais [turno de fala 21, Quadro 14]. Entretanto, pelos dados analisados, verificamos que os estudantes trabalharam de forma colaborativa e, assim, não se restringiram a defender ideias pessoais, o que parece ter contribuído para um avanço do processo de ensino-aprendizagem (como discutido na terceira questão de pesquisa).

O processo de *confronto entre análogos* (contraposição de dois análogos distintos buscando avaliar a pertinência de cada um deles a partir das correspondências com o alvo) ocorreu nas interações argumentativas 6 e 7. Observamos que os estudantes se envolveram em um conflito *intrapessoal misto* e *interpessoal misto*, respectivamente. Muito provavelmente os estudantes se envolveriam em conflitos do tipo misto no processo de confronto entre análogos, porque a discussão gerada nesse processo certamente incluía o confronto entre duas comparações distintas. Contudo, observamos que o conflito variou entre o tipo interpessoal e intrapessoal.

No caso da interação argumentativa 6, que gerou um conflito do tipo intrapessoal, julgamos que esse tipo de conflito possa ter ocorrido por dois motivos: os estudantes terem considerado a analogia com o “pudim de passas” um argumento de autoridade e/ou por não terem convicção sobre e argumentos para defender a comparação criada por eles. Desse modo, a argumentação no processo de confronto entre análogos ocorreu porque os estudantes se envolveram em conflitos pessoais sobre qual das comparações seria mais

pertinente para representar as ideias do átomo. Por isso, algumas vezes, eles argumentavam a favor da analogia com o “pudim de passas” e, outras vezes, a favor da analogia com a roda de carro criada por eles. É plausível que os estudantes tenham considerado a analogia com o “pudim de passas” um argumento de autoridade, porque quando eles argumentavam a favor daquela analogia eles utilizavam argumentos contraditórios com as próprias ideias deles sobre o átomo. Isso pode ser ilustrado através do caso do estudante Arthur [turno de fala 4], que defendeu a analogia com o “pudim de passas” a partir de ideias contraditórias.

Através da discussão gerada na interação argumentativa 6, os estudantes construíram seus posicionamentos e demonstraram convicção na comparação criada por eles. A partir daí, na interação 7, eles se envolveram numa interação do tipo interpessoal naquela nova situação de confronto entre análogos.

O processo de confronto entre análogos, visto na interação argumentativa 7, também foi sobre a comparação criada pelos estudantes do grupo 1 e a analogia com o “pudim de passas”, porque o grupo 3 da turma argumentou em defesa daquela analogia. Nesse caso, como os estudantes do grupo 1 já haviam discutido com a professora sobre as limitações da analogia com o “pudim de passas”, eles se envolveram em interações interpessoais com os estudantes do grupo 3 com a intenção de refutar a analogia com o “pudim de passas” e argumentarem a favor da comparação criada por eles.

Nesse sentido, concluímos que o processo de confronto entre análogos contribuiu para a ocorrência de interações argumentativas. No entanto, num primeiro momento, pelo fato dos estudantes considerarem uma das comparações argumento de autoridade comprometeu a coerência dos argumentos elaborados por eles. Entretanto, quando os estudantes se envolveram numa nova situação de confronto entre análogos, no qual eles já sentiam-se a vontade em argumentar contra a analogia com o “pudim de passas”, eles desenvolveram argumentos coerentes e se envolveram numa interação interpessoal em busca de promover a comparação criada por eles.

Finalmente, concluímos que os processos de criação, mapeamento, avaliação e escolha de comparações e de confronto entre análogos geraram interações argumentativas de naturezas distintas. No geral, observamos que os estudantes argumentaram em busca de comparações que expressassem de forma coerente o conceito alvo e isso fazia com que eles

se envolvessem em diferentes tipos de conflitos argumentativos. Isso nos fez notar que, no contexto investigado, a estratégia de criação e crítica de analogias para os modelos atômicos de Dalton e Thomson foi profícua para a participação e comunicação dos estudantes.

A terceira questão de pesquisa era sobre a aprendizagem dos estudantes: **“Como o envolvimento dos estudantes em interações argumentativas influenciou seus conhecimentos sobre os modelos atômicos?”**. Nosso objetivo era analisar se o processo vivenciado pelos estudantes, mais especificamente, a interação, comunicação e participação deles no discurso de sala de aula influenciaram no desenvolvimento de ideias coerentes com os conhecimentos científicos.

Os resultados deste trabalho evidenciaram que o envolvimento dos estudantes em interações argumentativas permitiu que eles discutissem e (re)elaborassem ideias sobre o conhecimento científico que poderiam não ter sido abordadas se eles, por exemplo, somente elaborassem suas representações sem discuti-las. Além disso, quando os estudantes se envolveram em interações argumentativas sobre suas representações também foi um momento importante para a professora e a pesquisadora reconhecerem as ideias deles e atuarem de modo a auxiliá-los na (re)elaboração dos conhecimentos. Observamos esses fatos, por exemplo, na interação argumentativa 4, pois foi através dessa interação e dos questionamentos feitos pela pesquisadora, que os estudantes reconheceram novos aspectos sobre o conceito e observaram algumas incoerências na representação elaborada por eles.

O envolvimento dos estudantes em interações argumentativas sobre as comparações, de modo geral, permitiu que eles (re)elaborassem ideias sobre o conceito alvo e expressassem representações mais elaboradas sobre aquele conceito. Isso porque, o processo argumentativo permitiu que os estudantes argumentassem sobre as comparações através de informações (geralmente encontradas nos textos das atividades), e isso fazia com que eles buscassem elaborar novas representações, mais abrangentes e coerentes com as ideias do conceito alvo.

Observamos, por exemplo, na interação argumentativa 5, que os estudantes a iniciaram criando comparações limitadas a correspondências físicas entre os dois domínios, como era o caso da comparação com a birosca; mas durante a interação argumentativa eles sugeriram

comparações que expressavam ideias mais abstratas sobre o alvo (ver Figura 9). O processo argumentativo auxiliou os estudantes no reconhecimento da abrangência e das limitações das comparações. Esse reconhecimento influenciou na atribuição de significados sobre o conceito na medida em que eles identificavam novas informações e limitações sobre o alvo a partir da argumentação gerada nos processos de escolha, avaliação, mapeamento e confronto entre comparações.

Nesse sentido, observamos que os fundamentos dos argumentos dos estudantes eram influenciados pelos tipos de comparação que foram estabelecidas por eles. Isso porque, quando os estudantes elaboravam comparações restritas à correspondências superficiais entre os dois domínios, os argumentos elaborados por eles se restringiam a expressar características físicas sobre os conceitos. No entanto, quando os estudantes elaboravam comparações que permitiam inferir correspondências de relações de similaridade entre os dois domínios, eles elaboravam argumentos fundamentados em justificativas baseadas em conhecimento mais abstrato sobre o conceito alvo e, desse modo, auxiliava os estudantes em compreensões mais profundas sobre o conceito.

Além dos fatores citados anteriormente, a intenção dos estudantes ao se envolverem em interações argumentativas também influenciou na atribuição de significados sobre os conceitos científicos. Isso porque, ao classificarmos o tipo de aprendizagem (Baker, 2009) em cada interação argumentativa, verificamos que quando os estudantes interagem **de modo** colaborativo, como casos em que a aprendizagem foi classificada como negociação de significados, isso facilitava a (re)elaboração de suas ideias a partir do auxílio que recebiam uns dos outros em busca de representações mais coerentes com o conhecimento científico. Por outro lado, quando os estudantes interagem somente com o objetivo de refutar as ideias dos colegas - como alguns casos em que a aprendizagem foi classificada como refutação-rejeição - parece que devido à dinâmica do debate, os estudantes argumentavam sem refletir sobre o potencial das representações estabelecidas e, conseqüentemente, isso não colaborava para o avanço das ideias sobre o conhecimento científico.

A classificação das explicações também nos permitiu visualizar a intenção dos estudantes durante as interações argumentativas, pois, geralmente, quando eles elaboravam explicações com função de *esclarecimento*, eles tinham intenções colaborativas. O contrário ocorria quando as explicações eram utilizadas para *defender posicionamentos*, pois,

geralmente, tinham a intenção de refutar as ideias dos colegas. Além disso, observamos que as explicações expressas durante o processo argumentativo também foram importantes para a (re)elaboração de ideias dos estudantes, pois elas permitiam que a professora e a pesquisadora acessassem as ideias deles e agissem no sentido de (re)orientar aquelas visões. Finalmente, concluímos que o processo argumentativo vivenciado pelos estudantes no contexto investigado, assim como afirma a literatura sobre argumentação (Baker, 2009; Cross et al., 2008; Jiménez-Aleixandre et al., 2000; Mendonça & Justi, 2013b), permitiu a construção de ideias e representações mais coerentes sobre o conceito científico na medida em que eram discutidas as informações que fundamentavam o conceito. Além disso, concluímos que a intenção dos estudantes ao se envolverem em interações argumentativas destinadas à criação e à crítica de comparações, as explicações expressas por eles juntamente com a atuação da pesquisadora e da professora naquele processo, também foram fatores que afetaram o processo de aprendizagem deles.

Implicações para o Ensino e para a Pesquisa

Em nossa pesquisa, assim como ocorreu nas pesquisas conduzidas feitas por Mendonça e Justi (2013b) e Oliveira et al. (2015), o modelo de Baker (2009) também possibilitou a visualização de argumentação em situações em que os estudantes debatiam sobre os modelos sugeridos por eles e em casos em que eles encontravam-se em dúvida sobre os mesmos. Mas, em nosso contexto, o modelo também auxiliou na visualização de argumentação em situações que os estudantes discutiam sobre análogos e comparações e as variações de interações propostas no modelo, nos possibilitou estabelecer relações entre a argumentação e o processo de elaboração e análise crítica de comparações. Nesse sentido, assim como destacado pelas autoras, o modelo de Baker (2009) permitiu a visualização da argumentação em situações que poderiam não ter sido visualizadas se utilizássemos outro modelo, pois o autor identifica a argumentação mesmo em situações em que o sujeito encontra-se em dúvida sobre uma determinada ideia.

Além disso, as ideias de Baker (2009) sobre os modos de aprendizagem a partir das interações argumentativas (negociação de significados, expressão de argumentos e mudança de opinião) nos permitiu fazer algumas considerações sobre *como* ocorreu o processo de aprendizagem dos estudantes no contexto investigado. Isso porque, a partir das variações

propostas pelo autor, foi possível observar se os estudantes se envolviam em argumentação de modo colaborativo, ou seja, com objetivo de contribuir com as discussões afim de se chegar em um consenso, ou, se eles interagem com a intenção de refutar as ideias dos colegas para a promoção de suas próprias ideias sem refletir sobre o processo de aprendizagem.

Nesse sentido, as proposições de Baker (2009) sobre os processos argumentativos e seu modelo de possibilidade de interações argumentativas demonstraram ser potencialmente úteis na análise dos processos argumentativos em nosso contexto de ensino, por isso acreditamos que ambos podem ser produtivos em outros contextos que objetivam analisar a argumentação no ensino a partir do âmbito coletivo.

Outro fator que observamos com os resultados de nossa pesquisa é que o professor assumiu papel primordial durante a condução de atividades de criação e crítica de modelos e analogias, especialmente, para fomentar ambientes argumentativos. No contexto de elaboração de modelos e analogias, as autoras Andrade e Mozzer (2016) já haviam ressaltado a importância dos questionamentos feitos pela professora na (re)elaboração, pelos estudantes, de ideias coerentes sobre o conhecimento científico. Em nosso contexto, acreditamos que a professora também teve um papel essencial na problematização das situações para que os estudantes se envolvessem em interações argumentativas sobre as comparações. Por isso, acreditamos que mais pesquisas buscando avaliar o papel dos questionamentos feitos pela professora no contexto argumentativo sobre criação e crítica de analogias podem ser relevantes para a pesquisa na área.

Pela análise, também foi possível observar que os textos históricos interativos (anexo 1) distribuídos durante as atividades da UD assumiram um importante papel no contexto de ensino investigado. Isso porque, através deles, os estudantes fundamentaram suas ideias e seus argumentos durante as interações argumentativas. Além disso, observamos que o texto proposto na UD atuou como um interlocutor, que foi capaz de movimentar as ideias do estudantes dentro da sala de aula e incentivar a argumentação deles. Nesse sentido, pesquisas que visem avaliar o papel do texto histórico como interlocutor no contexto de ensino podem ser interessantes para analisar o potencial desse tipo de texto como uma ferramenta que possibilita a argumentação dos estudantes de Ciências.

Observamos que o processo de criação de comparações oportunizou a ocorrência de interações argumentativas mesmo em situações em que os estudantes não tinham domínio do conhecimento científico e prática em argumentar. O processo de crítica de comparações favoreceu a argumentação e permitiu a construção de ideias coerentes sobre os conceitos científicos pelos estudantes. Nesse sentido, pensando-se no contexto do ensino de Química, que envolve conceitos de difícil compreensão pelos estudantes, pesquisas que visem analisar ambientes argumentativos gerados dos processos de criação e crítica de comparações, elaborados no plano social da sala de aula, para outros conteúdos curriculares, podem ser interessantes para se avaliar o potencial dessa prática na aprendizagem dos conceitos de Química e, de modo geral, para processo de aprendizagem que visam a (co)construção dos conhecimentos pelos estudantes.

Finalmente, em nosso trabalho assim como aponta algumas pesquisas na área da argumentação (Berland & Reiser, 2009; Oliveira et al., 2015), observamos que as explicações encontraram-se atreladas ao processo argumentativo e, foram utilizadas com duas funções distintas, de defesa de posicionamento ou esclarecimento. Em nosso contexto, a análise das explicações utilizadas pelos estudantes permitiu a elaboração inferências sobre o processo argumentativo, pois através das explicações conseguimos visualizar a intenção dos estudantes ao se envolverem em argumentação (colaborativa ou não). Mas além disso, percebemos que as explicações foram importantes para que a professora compreendesse as ideias e representações dos estudantes e os auxiliasse na re(estruturação) de suas ideias. Nesse sentido, acreditamos que pesquisas que visam analisar as explicações, atreladas ao processo argumentativo, buscando compreender como elas se relacionam com a construção do conhecimento pelos estudantes poderiam contribuir para uma melhor fundamentação dessa prática epistêmica no ensino, pois nem sempre é claro para professores de ciências o papel de explicações e argumentações no ensino e quando elas ocorrem ou devem ocorrer no discurso da sala de aula (Osborne & Patterson, 2011).

Referências Bibliográficas

- Abrantes, P. (1988). A metodologia de JC Maxwell e o desenvolvimento da teoria eletromagnética. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 5(número especial), 58-75.
- Andrade, G. M., & Mozzer, N. B. (2016). Análise dos questionamentos do professor em atividades fundamentadas em Modelagem Analógica. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 16(3), 825-850.
- Aubusson, P. (2006). Can analogy help in Science education research? In P. Aubusson, A. Harrison, & S. M. E. Ritchie (Eds.), *Metaphor and Analogy in Science Education* (pp. 165-175): Dordrecht: Springer.
- Aubusson, P., Harrison, A. G., & Ritchie, S. M. (2006). Metaphor and analogy: serious thought in science education. In P. J. Aubusson, A. G. Harrison, & S. M. Ritchie (Eds.), *Metaphor and Analogy in Science Education* (pp. 1-9). Dordrecht: Springer.
- Baker, M. (2009). Argumentative Interactions and the Social Construction of Knowledge. In N. M. Mirza & A.-N. Perret-Clermont (Eds.), *Argumentation and Education: Theoretical Foundations and Practices* (pp. 127-144). Dordrecht: Springer.
- Berland, L. K., & Reiser, B. J. (2009). Making Sense of Argumentation and Explanation. *Science Education*, 93(1), 26-55.
- Bottcher, F., & Meisert, A. (2010). Argumentation in Science Education: A Model-based Framework. *Science & Education*, 20(2), 103-140.
- Boulter, C. J., & Buckley, B. C. (2000). Constructing a Typology of Models for Science Education. In J. K. Gilbert & C. J. Boulter (Eds.), *Developing Models in Science Education* (pp. 41-57). Dordrecht: Kluwer.
- Brasil. (1999). *Parâmetros Curriculares Nacionais*. Brasília: Ministério da Educação e Cultura.
- Brown, D. E., & Clement, J. (1989). Overcoming misconceptions via analogical reasoning: abstract transfer versus explanatory model construction. *Instructional Science*, 18(4), 237-261.
- Cachapuz, A., Gil-Perez, D., Carvalho, A. M. P., Praia, J., & Vilches, A. (2005). Defesa do construtivista: O que entendemos por posições construtivistas na Educação em Ciências *A Necessária Renovação do Ensino das Ciências*. São Paulo: Cortez.
- Chaves, L. M. (2011). *História da ciência no estudo de modelos atômicos em livros didáticos de Química*. (Dissertação de Mestrado), Universidade de Brasília, Brasília. (137 f.)
- Clement, J. (1988). Observed methods for generating analogies in scientific problem solving. *Cognitive Science*, 12, 563-586.
- Clement, J. (2008). *Creative Model Construction in Scientists and Students: The Role of Imagery, Analogy, and Mental Simulation*. Dordrecht: Springer.
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2011). *Research Methods in Education* (7 ed.). London and New York: RoutledgeFalmer.
- Coll, R. K. (2005). The role of models/and analogies in science education: Implications from research. *International Journal of Science Education*, 27(2), 183-198.
- Correa, H. L., Mozzer, N. B., & Justi, R. (2010). *A nova dialética e os esquemas de argumento de Walton: um estudo sobre sua aplicabilidade no estudo de argumentação em sala de aula de ciências*. Paper presented at the XV Encontro Nacional de Didática e Prática de Ensino, Belo Horizonte.
- Cross, D., Taasobshirazi, G., Hendricks, S., & Hickey, D. (2008). Argumentation: A strategy for improving achievement and revealing scientific identities. *International Journal of Science Education*, 30(6), 837-861.

- Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the Norms of Scientific Argumentation in Classrooms. *Science Education*, 84(3), 287-312.
- Duit, R. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning science. *Science Education*, 75(6), 649-672.
- Duit, R., & Treagust, D. (2003). Conceptual change: a powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25(6), 671-688.
- Dunbar, K., & Blanchette, I. (2001). The in vivo / in vitro approach to cognition: the case of analogy. *Trends in Cognitive Sciences*, 5(8), 334-339.
- Duschl, R. A., & Osborne, J. (2002). Supporting and Promoting Argumentation Discourse in Science Education. *Studies in Science Education*, 38, 39-72.
- Emig, R. B., McDonald, S., C., Z.-S., & Strauss, S. G. (2014). Inviting Argument by Analogy: Analogical-Mapping-Based Comparison Activities as a Scaffold for Small-Group Argumentation. *Science Education*, 98(2), 243-268.
- Ferraz, A. T., & Sasseron, L. H. (2013). *Dualidade Argumentativa: Os produtos da argumentação em aulas investigativas*. Paper presented at the IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Águas de Lindóia, 10 a 14 de Novembro.
- Filgueiras, C. A. (2004). Duzentos Anos da Teoria Atômica de John Dalton. *Química Nova na Escola*, 20, 38-44.
- Gentner, D. (1983). Structure-mapping: A theoretical framework for analogy. *Cognitive Science*, 7(2), 155-170.
- Gentner, D. (1989). The mechanisms of analogical learning. In S. Vosniadou & A. Ortony (Eds.), *Similarity and Analogical Reasoning* (pp. 199-241). Cambridge: Cambridge University Press.
- Gilbert, J. K. (2004). Models and Modelling: Routes to a more authentic science education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2(2), 115-130.
- Gilbert, J. K. (2005). Visualization: A Metacognitive Skill in Science and Science Education. In J. K. Gilbert (Ed.), *Visualization in Science Education* (pp. 9-27). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Gilbert, J. K., Boulter, C. J., & Elmer, R. (2000). Positioning Models in Science Education and in Design and Technology Education. In J. K. Gilbert & C. J. Boulter (Eds.), *Developing Models in Science Education* (pp. 3-17). Dordrecht: Kluwer.
- Giora, H., & Goldstein, B. R. (2013). Thomson's plum-pudding atomic model: The making of a scientific myth. *Wiley: online library*, 9(8), 129-133.
- Glynn, S. M. (1991). Explaining science concepts: A teaching-with-analogies model. In S. M. Glynn, R. H. Yearny, & B. K. Britton (Eds.), *The Psychology of Learning Science* (pp. 219-240). Hillsdale: Lawrence Erlbaum.
- Glynn, S. M. (2007). Methods and strategies: Teaching with analogies. *Science and Children*, 44(8), 52-55.
- Glynn, S. M. (2008). Making science concepts meaningful to students: Teaching with analogies. In S. Mikelskis-Seifert, U. Ringelband, & M. Brückmann (Eds.), *Four decades of research in science education: From curriculum development to quality improvement* (pp. 113-125). Münster, Germany: Waxmann.
- Glynn, S. M., Britton, B. K., Semrud-Clikeman, M., & Muth, K. D. (1989). Analogical reasoning and problem solving in science textbooks. In J. A. Glover, R. R. Ronning, & C. R. Reynolds (Eds.), *Handbook of Creativity: Assessment, research and theory* (pp. 383-398). Boston, MA: Springer US.

- Glynn, S. M., Duit, R., & Thiele, R. B. (1995). Teaching Science with Analogies: A Strategy for Constructing Knowledge. In S. Glynn & R. Duit (Eds.), *Learning Science in Schools: Research Reforming Practice* (pp. 247-273). Mahwah: Lawrence Erlbaum.
- Haglund, J., & Jeppsson, F. (2012). Using Self-Generated Analogies in Teaching of Thermodynamics. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(7), 898-921.
- Holyoak, K. J., Gentner, D., & Kokinov, B. N. (2001). Introduction: the place of analogy in cognition. In K. J. Holyoak, D. Gentner, & B. N. Kokinov (Eds.), *The analogical mind: Perspectives from cognitive science* (pp. 1-19). Cambridge, MA: MIT Press.
- Ibraim, S. S., Mendonça, P. C. C., & Justi, R. (2013). Contribuições dos esquemas argumentativos de Walton para análise de argumentos no contexto de ensino de ciências. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 13(1), 159-186.
- Jiménez-Aleixandre, M. P. (2010). *10 ideas clave: competencias en argumentación y uso de pruebas*. Barcelona: Graó.
- Jiménez-Aleixandre, M. P., Bugallo Rodríguez, A., & Duschl, R. A. (2000). "Doing the Lesson" or "Doing Science": Argument in High School Genetics. *Science Education*, 84(6), 757-792.
- Justi, R. (2006). La Enseñanza de Ciencias Baseada en La Elaboración de Modelos. *Enseñanza de Las Ciencias*, 24(2), 173-194.
- Justi, R. (2010). Modelos e modelagem no ensino de Química: Um olhar sobre aspectos essenciais pouco discutidos. *Ensino de Química em Foco*, 209-230.
- Justi, R. (2015). Relações entre argumentação e modelagem no contexto da Ciência e do Ensino de Ciências. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, 17, 31-48.
- Justi, R., & Gilbert, J. K. (2006). The role of analog models in the understanding of nature of models in chemistry. In P. J. Aubusson, A. G. Harrison, & S. M. Ritchie (Eds.), *Metaphor and Analogy in Science Education* (pp. 119-130). Dordrecht: Springer.
- Justi, R., & Mendonça, P. C. C. (2008). Usando analogias com função criativa: uma nova estratégia para o ensino de química. *Educación química*, 1(1), 24-29.
- Justi, R., & Mendonça, P. C. C. (2016). Discussion of the Controversy Concerning a Historical Event Among Pre-service Teachers. *Science & Education*, 25(7), 795-822.
- Kelly, G. J., & Duschl, R. A. (2002). *Toward a research agenda for epistemological studies in science education*. Paper presented at the Annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, New Orleans, LA.
- Kozma, R., & Russell, J. (2005). Students Becoming Chemists: Developing Representational Competence. In J. K. Gilbert (Ed.), *Visualization in Science Education* (pp. 121-145). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Kuhn, D. (1991). *The Skills of Argument*. New York: Cambridge University.
- Lemke, J. L. (2001). Articulating Communities: Sociocultural Perspectives on Science Education. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(3), 296-316.
- Lopes, C. V. (2009). *Modelos atômicos no início do século XX: da física clássica à introdução a teoria quântica*. (Tese de Doutorado), Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo.
- Lopes, C. V., & Marques, D. M. (2010). Modelos atômicos de J. J. Thomson e Ernest Rutherford. In M. H. R. Beltran, F. Saito, & L. S. P. Trindade (Eds.), *História da ciência: tópicos atuais 2* (pp. 131-158). São Paulo: Livraria da Física.
- Lopes, C. V., & Marques, D. M. (2011). *Modelos atômicos de J. J. Thomson e Ernest Rutherford*. São Paulo: Livraria da Física.

- Lopes, C. V., & Martins, R. A. (2009, 08 a 13 de novembro). *Thomson e o uso de analogias para explicar os modelos atômicos: O 'pudim de passas' nos livros texto*. Paper presented at the VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Florianópolis.
- Lüdke, M., & André, M. E. D. A. (2015). *Pesquisa em Educação: Abordagens qualitativas* (2 ed.). Rio de Janeiro: E.P.U.
- Lyne, J. (1990). Argument in the human sciences. In R. S. Trapp, Janice (Ed.), *Perspectives on Argumentation: Essays in Honor of Wayne Brockriede* (pp. 178-189): New York: IDEBATE Press.
- Melo, M. R., & Neto, E. G. D. L. (2013). Dificuldades de ensino e aprendizagem dos modelos atômicos em química. *Química Nova na Escola*, 2, 112-122.
- Mendonça, P. C. C., & Justi, R. (2013a). Ensino-Aprendizagem de Ciências e Argumentação: Discussões e Questões Atuais. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências* 13(1), 187-216.
- Mendonça, P. C. C., & Justi, R. (2013b). The relationships Between Modelling and Argumentation from the Perspective of the Model of Modelling Diagram. *International Journal of Science Education*, 35(14).
- Mortimer, E. F. (1995). Concepções atomistas dos estudantes. *Química Nova na Escola*, 1, 23-26.
- Mozzer, N. B. (2013). *O entendimento conceitual do processo de dissolução a partir da elaboração de modelos e sob a perspectiva da Teoria de Campos Conceituais*. (Tese de Doutorado), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- Mozzer, N. B., & Justi, R. (2005). Papel da analogia do "mar de elétrons" na compreensão do modelo de ligação metálica. *Ensenanza de Las Ciencias*, 24, Extra.
- Mozzer, N. B., & Justi, R. (2012). Students' pre- and post-teaching analogical reasoning when they draw their analogies. *International Journal of Science Education*, 34(3), 429-458.
- Mozzer, N. B., & Justi, R. (2013a). A elaboração de analogias como um processo que favorece a expressão de concepções de professores de química. *Educación Química*, 24, 163-173.
- Mozzer, N. B., & Justi, R. (2013b). Science teachers' analogical reasoning. *Research in Science Education*, 43(4), 1689-1713.
- Mozzer, N. B., & Justi, R. (2015). "Nem tudo que reluz é ouro": Uma discussão sobre analogias e outras similaridades e recursos utilizados no ensino de Ciências. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 15, 123-147.
- Mozzer, N. B., Justi, R., & Costa, P. P. (2011). Students' analogical reasoning when participating in modelling-based teaching activities. *9th International Conference of the European Science Education Research Association*(EBook Proceeding of the ESERA 2011 Conference), 764-769.
- Munarin, K. O., & Munarin, E. E. (2008). *Uma análise crítica das analogias "Bola de Bilhar", "Pudim de Passas" e "Sistema Solar" utilizadas para o Ensino de Química em Modelos Atômicos*. Paper presented at the XIV Encontro Nacional do Ensino de Química, Curitiba, 21 a 24 de julho.
- Nersessian, N. J. (1992). How do Scientists Think? Capturing the Dynamics of Conceptual Change in Science. In R. N. Giere (Ed.), *Cognitive Models of Science* (pp. 3-44). Minneapolis: University of Minnesota Press.

- Nersessian, N. J. (2008). Mental modeling in conceptual change. In S. Vosniadou (Ed.), *International Handbook of Research on Conceptual Change* (pp. 391-416). New York and London: Routledge.
- Newton, P., Driver, R., & Osborne, J. (1999). The place of argumentation in the pedagogy of school science. *International Journal of Science Education*, 21(5), 553-576.
- NRC. (2012). *A Framework For K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*.: The National Academies Press.
- Oliva, J. M., & Aragón, M. M. (2009). Contribución del aprendizaje con analogías al pensamiento modelizador de los alumnos en ciencias: marco teórico. *Enseñanza de las Ciencias*, 27(2), 195-208.
- Oliva, J. M., Aragón, M. M., Mateo, J., & Bonat, M. (2001). Una propuesta didáctica basada en la investigación para el uso de analogías en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(3), 453-470.
- Oliveira, D., Justi, R., & Mendonça, P. C. (2015). The Use of Representations and Argumentative and Explanatory Situations. *International Journal of Science Education*, 37(9), 1402-1435.
- Osborne, J., & Patterson, A. (2011). Scientific Argument and Explanation: A Necessary Distinction? *Science Education*, 95(2), 627-638.
- Padilha, J. N., & Carvalho, A. M. P. (2011). Relações entre os gestos e as palavras utilizadas durante a argumentação dos alunos em uma aula de conhecimento físico. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 11, 25-40.
- Patronis, T., Potari, D., & Spiliotopoulou, V. (1999). Student's argumentation in decision-making on a socio-scientific issue: implications for teaching. *International Journal of Science Education*, 21(7), 745-754.
- Pittman, K. M. (1999). Student-generated analogies: another way of knowing. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(1), 1-22.
- Ramos, T. C. (2014). *Análise da analogia do "pudim de passas" e do modelo "Ensinando com analogias" no contexto do ensino de Química*. (Monografia), Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto. Retrieved from <http://lapeq.ufop.br/projetos.php>
- Ramos, T. C., Mendonça, P. C., & Mozzer, N. B. (2016). *Argumentação na Elaboração e Crítica de Analogias: Unidade Didática para o Ensino dos Modelos Atômicos*. Paper presented at the XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química, Florianópolis, SC.
- Reis, A., Oliveira, N. S., & Silva, A. L. (2012, 17 a 20 de julho). *Contribuições da Radioatividade para o desenvolvimento das teorias atômica de Thomson a Rutherford: Um debate histórico epistemológico no Ensino de Química*. Paper presented at the XVI Encontro Nacional de Ensino de Química, Salvador.
- Romanelli, L. I. (1996). O papel mediador do professor no processo de ensino-aprendizagem do conceito átomo. *Química Nova na Escola*, 3, 27-31.
- Sadler, T. D., & Zeidler, D. L. (2005). Patterns of informal reasoning in the context of socioscientific decision-making. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(1), 112-138.
- Souza, V. C. A., Justi, R., Ferreira, P. F. M., & (2006). Analogias utilizadas no ensino dos modelos atômicos de Thomson e Bohr: Uma análise crítica sobre o que os alunos pensam a partir delas. *Investigações em ensino de ciências*, 11, 03-12.
- Spier-Dance, L., Mayer-Smith, J., Dance, N., & Khan, S. (2005). The role of student-generated analogies in promoting conceptual understanding for undergraduate chemistry students. *Research in Science & Technological Education*, 23(2), 163-178.

- Stake, R. (2000). Case studies. In N. K. Denzin & Y. S. Lincoln (Eds.), *The Handbook of Qualitative Research* (pp. 435-454). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Treagust, D. F., Duit, R., & Joslin, P. (1992). Science teachers' use of analogies: observations from classroom practice. *International Journal of Science Education*, 14(4), 413-422.
- Viana, H. E. (2007). *A Construção de teoria atômica de Dalton como estudo de caso e algumas reflexões para o ensino de química*. (Dissertação de Mestrado), Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Walton, D. N., Reed, C., & Macagno, F. (2008). *Argumentation Schemes*. Cambridge: Cambridge University Press.

ANEXOS

Anexo 1. Unidade Didática

INTRODUÇÃO

Diante das dificuldades apresentadas no processo de ensino-aprendizagem de química, especialmente devido ao envolvimento de conceitos abstratos (como por exemplo: modelos atômicos, ligação química e equilíbrio químico), algumas estratégias de ensino podem auxiliar nesse processo buscando favorecê-lo.

Nesta Unidade Didática utilizamos as analogias como ferramentas de elaboração de hipóteses, questões e relações (Glynn et al., 1989), buscando promover a criação de ambientes argumentativos nas salas de aula. O uso das analogias com essas funções pode proporcionar situações nas quais os estudantes têm que procurar por evidências quando tentam compreender o *não familiar* a partir do estabelecimento de relações com o *familiar* (Mozzer & Justi, 2015).

Além disso, Emig, McDonald, Zembal-Saul e Strauss (2014), a partir de uma revisão da literatura, verificaram que as analogias podem oferecer uma forma de “andaime” para sustentar a argumentação e para que os estudantes aprendam o conteúdo. Isso porque, os autores acreditam que para os estudantes argumentarem é necessário incentivá-los, e, uma das formas de se estimular a argumentação em sala é através da comparação de cenários análogos nos quais os estudantes podem explorar novos conceitos. Além disso, acreditamos que quando os estudantes têm a oportunidade de criar suas próprias analogias eles podem argumentar quando buscam por evidências do conceito alvo para fundamentar suas comparações.

Segundo Jimenez-Aleixandre (2008), a argumentação fundamentada no uso de evidências pode ser considerada uma das três competências básicas na formação do aluno em âmbito mundial. De acordo com a autora, a argumentação no ensino de ciências pode promover o desenvolvimento de ideias sobre natureza da ciência e de competências relacionadas com as formas de trabalhar da comunidade científica, sendo a argumentação ainda uma ferramenta disponível para avaliar o conhecimento. Neste sentido, a argumentação pode desempenhar um importante papel na aprendizagem de conceitos

científicos, pois através de um processo dialógico de negociação entre os alunos, estes podem ser guiados na avaliação de conhecimentos com base nas evidências disponíveis.

Esta unidade didática tem o objetivo de auxiliar o professor no ensino dos modelos atômicos de Dalton e Thomson através de uma abordagem histórica. Segundo Viana (2007), nas últimas décadas, a história da ciência desenvolveu-se como um instrumento poderoso para promover a análise crítica do conhecimento científico. A história da ciência pode propiciar reflexões valiosas para a compreensão da natureza do conhecimento químico e dos modos sobre como ele é produzido. Além disso, a compreensão a respeito de como determinados conceitos e convenções foram construídos historicamente pode auxiliar na sua aprendizagem significativa, evitando que seu estudo se restrinja à memorização, e, deste modo se pode explicitar relações entre conceitos que facilitarão sua integração na estrutura cognitiva do aluno (Gagliardi 1988, apud Viana, 2007 p. 87).

Além disso, Melo e Neto (2013) ressaltam que uma das razões para a concepção inadequada dos alunos sobre modelo atômico pode estar diretamente relacionada com fato de o processo de construção do conhecimento científico ser ignorado. Os alunos concebem o átomo como uma descoberta científica; isto pode ser notado claramente em indagações comumente expressas pelos alunos, como: “Como o átomo foi descoberto?”. Deste modo, eles parecem desconhecer a evolução na construção dos diferentes modelos atômicos, desprezando o fato deles terem sido reformulados por vários membros da comunidade científica e estarem constantemente sujeitos a alterações.

Deste modo, como reportado na literatura (Melo & Neto, 2013; Mortimer, 1995), o processo de ensino-aprendizagem de modelos atômicos apresenta obstáculos significativos (como por exemplo, o desconhecimento do processo de construção do conhecimento científico e desconhecimento das relações que o modelo estabelece com o fenômeno). Nesse sentido, utilizamos as analogias com o objetivo de promover ambientes argumentativos buscando desenvolver situações em que os alunos possam refletir sobre suas próprias concepções e, em busca de evidências para sustentar seus argumentos, possam desenvolver ideias coerentes sobre os conceitos. Além disso, utilizamos uma abordagem histórica para auxiliar nesse processo com a intenção de promover visões mais críticas sobre a produção do conhecimento científico.

Deste modo, esta unidade didática contará com referencial teórico relacionado a cada um dos modelos a fim de auxiliar o professor durante as discussões. Além disso, cada etapa da proposta contém as orientações necessárias para a sua aplicação em sala de aula.

É interessante que o professor tenha um conhecimento prévio sobre analogias e argumentação no ensino de ciências, visto que a proposta encontra-se integrada com ambas. No entanto, com intuito de auxiliá-lo, será realizada uma breve discussão sobre argumentação, analogias e o papel dos modelos no ensino de ciências. Ademais, nos referenciais encontram-se alguns materiais que podem ser consultados pelo professor para aprofundar-se nesses assuntos.

UMA BREVE DISCUSSÃO SOBRE ARGUMENTAÇÃO E ANALOGIAS NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Para Jimenéz-Aleixandre (2010), argumentar consiste na capacidade de avaliar as afirmações buscando identificar as evidências, reconhecendo que as conclusões e os enunciados científicos necessitam estar justificados através das evidências.

Algumas vezes, as informações advindas de fontes consideradas de confiança (como por exemplo, o livro didático) são aceitas, sem apresentação das evidências, devido à credibilidade dada ao informante. Nesses casos, essas informações são consideradas ‘argumentos de autoridade’, já que, somente devido o fato de serem apresentadas através daquele meio de comunicação (ou informante) são aceitas sem questionamentos (Jiménez-Aleixandre, 2010).

Em função da importância de se fundamentar os argumentos, sempre que possível, em sala de aula, sugere-se que os conhecimentos científicos sejam apresentados com base em evidências. Entretanto, o modo de discussão varia em função da complexidade do conhecimento e da interpretação das evidências (Jiménez-Aleixandre, 2010).

Mas, afinal, o que são as evidências? Podemos considerar como evidência as observações, dados, sinais, fatos, experimentos e razões pelas quais se consegue determinar que uma afirmação esta certa ou errada (Jiménez-Aleixandre, 2010).

Nesse sentido, a argumentação nos permite avaliar o conhecimento à luz das evidências disponíveis, superando argumentos baseados na autoridade dos outros, sejam eles livros didáticos, jornais ou outras pessoas. Deste modo, argumentar consiste em uma das competências básicas na formação do estudante (Jiménez-Aleixandre, 2010).

Segundo Jimenéz-Aleixandre (2010), a participação dos alunos em atividades que envolvam a argumentação pode contribuir, inclusive, para o desenvolvimento de uma imagem coerente do trabalho científico (que inclui os processos de produção, avaliação e comunicação do conhecimento). Essas atividades colaboram para o desenvolvimento de ideias sobre o caráter provisório da ciência na medida em que se discute que de acordo com as evidências disponíveis em cada momento os modelos (ou ideias) podem ser substituídos por outros e que os mesmo dados são interpretados de diferentes formas. Além disso, o processo dialógico estabelecido entre os alunos durante o processo de comunicação e refutação de ideias nesse tipo de atividade pode contribuir para uma aprendizagem mais significativa dos conceitos científicos (Jiménez-Aleixandre, 2010).

Desse modo, Jiménez-Aleixandre (2010), ao discutir sobre a melhor maneira de se inserir a argumentação no ensino de Ciências, considera que a argumentação precisa ser praticada para ser desenvolvida. Segundo a autora, o ensino explícito dos componentes de um argumento não é o mais importante e sim o uso de práticas favoráveis à criação de ambientes argumentativos. Portanto, argumentar é um processo que, para ocorrer nas salas de aula, necessita ser *incentivado* e *guiado* pelo professor (Jiménez-Aleixandre, 2010).

Nesse sentido, para o desenvolvimento desses ambientes que favoreçam a argumentação é importante que o professor dê aos alunos oportunidades de considerar a relevância das evidências disponibilizadas, a fim de desenvolver seus próprios argumentos. Além disso, para que os alunos possam fundamentar conclusões coerentes sobre os problemas, o professor deve realizar questionamentos no sentido de compreender o que os alunos estão refletindo incentivando-os a (re)elaborarem respostas mais profundas de seu raciocínio. O objetivo geral da interação é ajudar os alunos a refletirem sobre o raciocínio por trás de uma questão particular e incentivá-los a pensarem sozinhos (Newton et al., 1999).

Tendo em vista esses requisitos para a criação de ambientes argumentativos nas salas de aula de Ciências, acreditamos que a elaboração de analogias pelos próprios estudantes, guiados pelo professor, possa ser uma das práticas favoráveis à promoção desses ambientes. Isso porque, as analogias podem favorecer a aprendizagem de novos conceitos a partir daquilo que os alunos já sabem, através do estabelecimento de relação entre o novo e o familiar. Além disso, o processo de relacionar conceitos através das

analogias pode ser considerado um componente básico do pensamento humano (Mozzer & Justi, 2015).

É importante ressaltar que nem toda comparação pode ser considerada uma analogia; somente aquelas em que o conceito ou situação familiar (análogo) compartilha *relações* de similaridade com conceito a ser ensinado (alvo). Assim sendo, faz-se necessário distinguir as analogias dos demais tipos de comparações.

Quando os aspectos comparados se restringem às características similares superficiais dos objetos (tais como cor, tamanho, forma etc.), trata-se de uma comparação de *mera aparência*; caso a similaridade seja de características superficiais e de relações entre os objetos dos domínios comparados, trata-se de uma *similaridade literal*; e se a comparação for quase que exclusivamente de relações, trata-se, assim, de uma analogia (Gentner, 1983, 1989, apud Justi & Mozzer, 2013).

Segundo Glynn et al. (1989), as analogias podem auxiliar na solução de problemas, na identificação de novos problemas e na elaboração de novas hipóteses. Para que uma analogia cumpra essa complexa função, julgamos ser necessário que os estudantes estejam envolvidos em todas as etapas de elaboração, crítica e revisão de suas analogias. Nesse caso, consideramos que esse processo de criação em que os estudantes precisam revisar e refutar suas próprias analogias é oportuno para ocorrer a argumentação, porque eles precisam buscar evidências que sustentem suas ideias e reflexões.

Nesse sentido, acreditamos que a elaboração de analogias em grupos de alunos pode ser um momento favorável para fomentar a argumentação em situações nas quais os estudantes tem que procurar por evidências quando tentam compreender o *não familiar* a partir do estabelecimento de relações com o *familiar*.

O PAPEL DOS MODELOS NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Um modelo é a principal ferramenta utilizada pelo cientista para elaborar e expressar suas ideias e um dos principais produtos da ciência. Um modelo deve ser entendido como uma representação parcial de um objeto, sistema, fenômeno ou processo, a qual se destina a uma finalidade específica e que pode ser modificada. A partir dos modelos os cientistas fazem previsões, elaboram e testam hipóteses, descrevem, interpretam, explicam fenômenos e formulam questões a respeito do mundo (Gilbert et al., 2000).

Inicialmente, um modelo existirá a partir de uma atividade mental de representação, e este será denominado *modelo mental*. O resultado desta atividade mental somente poderá ser acessado se expresso, de alguma maneira, seja através da fala, de um desenho ou de outra forma simbólica. Desta maneira, o que se conhece de um modelo mental é denominado *modelo expresso* (Boulter & Buckley, 2000).

Se o modelo expresso é aceito por uma comunidade de pessoas – como uma comunidade de cientistas ou mesmo uma classe escolar – é, então, denominado *modelo consensual*. A natureza abstrata dos modelos consensuais da ciência gera dificuldades no ensino e aprendizagem dos mesmos. Por isso, nas aulas de Ciências são ensinadas representações simplificadas desses modelos, elaboradas por professores e autores de livros didáticos, os chamados *modelos curriculares* (Boulter & Buckley, 2000).

Independente do tipo de modelo, eles são sempre análogos à entidade modelada (Gieryn, 1988 apud Mozer, 2013). Dessa forma, as analogias assumem importante papel na elaboração de modelos, pois, como destacado por Nersessian (1999, apud Mozer, 2013) o raciocínio analógico é essencial no processo de construção de modelos.

PROPOSTA DE ENSINO PARA OS MODELOS ATÔMICOS DE DALTON E THOMSON

Esta seção compreende as instruções para o ensino dos modelos atômicos de Dalton e Thomson para o professor. No primeiro momento será apresentado o referencial teórico sobre cada assunto numa perspectiva histórica. A seguir serão expostas as orientações para cada momento das aulas. Para execução deste planejamento será necessário um total de oito aulas de cinquenta minutos, como apresentado no quadro a seguir. No entanto, é importante ressaltar que o número de aulas e o tempo programado para cada atividade poderão ser reorganizados pelo professor em função do engajamento da turma e das atividades da escola.

Síntese dos eventos

EVENTO	DESENVOLVIMENTO	DURAÇÃO
1	Teoria das misturas gasosas: textos	1h40 min
2	Modelo atômico de Dalton: texto	50 min
3	Fechamento modelo atômico de Dalton e experimentação para	50 min

	introduzir o modelo atômico de Thomson	
4	Modelo atômico de Thomson: texto	50 min
5	Elaboração, crítica e revisão de analogias	50 min
6	Apresentação da analogia do “plum pudding”	50 min
7	Fechamento da proposta	50 min

REFERENCIAL TEÓRICO PARA O PROFESSOR (MODELO ATÔMICO DE DALTON)

Segundo Viana (2007), a compreensão do processo construtivo da teoria atômica daltoniana pode possibilitar a reformulação na maneira de olhar dentro das salas de aula para este assunto. Conceitos que os alunos podem considerar obscuros (massas atômicas relativas, lei de Dalton das pressões parciais, modelo atômico de Dalton) podem ser construídos (ou reconstruídos), e as relações entre eles, estabelecidas de maneira mais significativa para o ensino. Pensando nisso, apresentamos nesta seção um aparato da história do surgimento do modelo atômico de Dalton buscando reconstruir o surgimento de suas ideias.

A constituição da matéria é um assunto que sempre interessou os homens desde as primeiras especulações filosóficas. A partir de então, várias concepções sobre a constituição da matéria surgiram em circunstâncias, culturas e épocas diferentes (Filgueiras, 2004).

Segundo Filgueiras (2004), diferentes hipóteses a respeito da constituição da matéria já surgiam ao sul da Itália desde o século Va.C. quando os filósofos Parmênides e Zenão representavam uma escola de pensamento que se preocupava sobretudo com questões ligadas ao mundo material.

Podemos, em síntese, dizer que a ideia difundida pelos filósofos com relação ao atomismo antigo considerava que os materiais seriam formados por átomos e vazios, e que os fenômenos da natureza poderiam ser explicados pela forma, tamanho e movimento dos átomos (Zaterka, 2006, cap. 2 apud Viana, 2007).

Muitas outras abordagens do conceito de átomo apareceram ao longo do tempo, mas somente no início do século XIX surge através das ideias de Dalton uma teoria atômica

operacional, pois, segundo Filgueiras (2004), todas as ideias difundidas anteriormente partilharam um caráter de pura especulação filosófica.

A teoria de Dalton se mostra operacional, pois, cessa com as especulações puramente abstratas e é capaz de ser utilizada em determinações experimentais. Trata-se de uma teoria que unia conceitos teóricos à possibilidade de sua aplicação prática (Filgueiras, 2004).

Naquela época, muitas críticas foram tecidas às ideias de Dalton, mas, o número de adeptos a sua teoria aumentava à medida que foram surgindo observações experimentais que podiam ser explicadas aplicando-se o modelo por ele desenvolvido (Viana, 2007).

John Dalton (1766-1844) nasceu em Eaglesville (Inglaterra) e foi educado como membro da Sociedade dos Amigos (grupo protestante surgido em meados do século XVII). Aos doze anos, começou a lecionar quando ainda iniciava seus estudos de matemática com Elihu Robinson, o qual manifestava interesse em filosofia natural e meteorologia. Foi possivelmente nessa época que Dalton iniciou a leitura de livros voltados para a divulgação do newtonianismo, iniciando assim a construção dos seus conhecimentos científicos (Partington, 1962 apud Viana, 2007).

Em Kendal, Dalton, além de ministrar aulas em uma escola, apresentou conferências para um público interessado em ciências e adquiriu um hábito que manteve pelo resto de sua vida: anotar, de modo sistemático, dados sobre fenômenos atmosféricos (Viana, 2007).

Segundo Vianna (2007), o alto índice pluviométrico da cidade de Manchester propiciava a Dalton, constantemente, uma quantidade enorme de dados meteorológicos. De posse desses dados, Dalton buscava determinar, mediante o uso de estatísticas, a relação entre o vapor de água, os gases presentes na atmosfera e o calor. O autor ressalta que nessa época a composição da atmosfera (majoritariamente gás nitrogênio, gás oxigênio, gás carbônico e vapor de água – de acordo com a nomenclatura usada atualmente) já era conhecida.

Dalton começou a raciocinar a cerca da quantidade de gás oxigênio e nitrogênio presentes na atmosfera afirmando, posteriormente, que o percentual de oxigênio deveria estar por volta de 20% e sobre o gás nitrogênio estimou em termos de medidas

estequiométricas. Após dissertar a cerca da quantidade de oxigênio e nitrogênio, Dalton começou a voltar sua atenção para os outros gases presentes na atmosfera (Viana, 2007).

Dalton acreditava que o vapor de água não se encontrava combinado quimicamente com outros gases da atmosfera. A hipótese de Dalton era de que o vapor de água deveria estar difuso entre os outros gases presente na atmosfera. Deste modo, considerava a evaporação e a condensação do vapor de água como fenômenos não relacionados à combinação química (Chaves, 2011).

Dalton buscava compreender a homogeneidade da atmosfera apesar de ser constituída por vários gases de diferentes densidades e capacidade de expansão frente ao calor. Para explicar essa relação recorreu aos conhecimentos acerca do corpuscularismo newtoniano muito disseminado na Grã-Bretanha (Chaves, 2011).

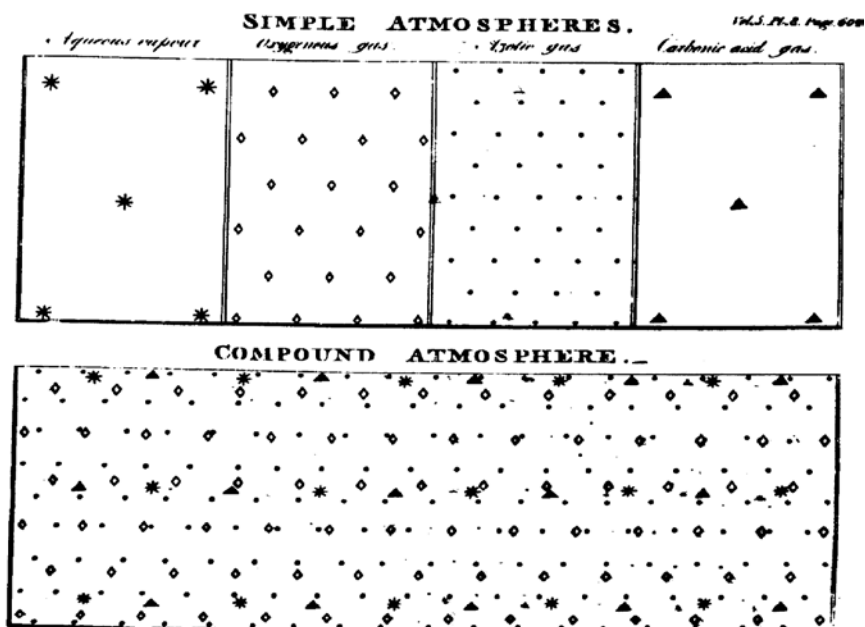
De acordo com Viana (2007), Newton era um filósofo natural que relacionou o princípio da atração universal para o movimento dos corpos em escala macroscópica, à explicação dos fenômenos em escala microscópica. Uma de suas hipóteses era que existiria uma força (interação) entre duas partículas microscópicas da mesma maneira que existiria uma força entre dois planetas e que essa força dependia da distância entre eles. Sendo assim, sua suposição era a de que as partículas constituintes dos gases quando forçadas a ocupar um volume menor, teriam dificuldade de permanecerem juntas. Isso ocorreria devido à força de repulsão entre as partículas que variava inversamente com a distância.

O estudo de Dalton acerca dos gases o levou a “teoria das misturas gasosa”, pois, segundo as suas observações, a composição do ar era praticamente constante, mesmo em lugares bastante distantes entre si. Deste modo, Dalton acreditava, sob influência de Newton, que os gases da atmosfera formavam apenas uma mistura sem que qualquer ligação química existisse entre eles. Porém, se isso fosse verdade, por que o dióxido de carbono, mais pesado, não se concentraria nas camadas inferiores da atmosfera, seguido do vapor d’água, do oxigênio e do nitrogênio, em ordem decrescente de peso? Naquela época ainda não se sabia que o oxigênio e o nitrogênio formavam espécies diatômicas O_2 e N_2 , e que a composição da água era considerada como sendo do tipo 1:1 em hidrogênio e oxigênio, ou HO (Filgueiras, 2004).

Para dissertar acerca desta questão, Dalton descreveu seu modelo, baseado em uma interpretação das ideias de Newton, da seguinte maneira: “Quando dois fluidos elásticos, denominados A e B, são misturados, não há qualquer repulsão mútua entre suas partículas, isto é, as partículas de A não repelem as de B, como elas se repelem umas às outras” (Dalton, *Manchester Memoirs*, 1802; citado por Filgueiras, 2004, p. 41). Esse enunciado de Dalton foi o que ficou conhecido como a “teoria das misturas gasosas” (Viana, 2007).

Dalton acreditava que as menores partículas existentes na natureza eram esféricas, sólidas e não possuíam afinidade química. Portanto, não haveria uma combinação química entre essas partículas atômicas, somente forças mecânicas, ou seja, forças repulsivas entre tipos de átomos iguais (Chaves, 2011).

A “teoria das misturas gasosas” permitia explicar a maneira como os gases estariam dispostos em uma atmosfera composta. De acordo com este modelo, átomos iguais não poderiam se encontrar próximos (se repeliriam), e átomos diferentes não exerceriam qualquer efeito um sobre o outro (Viana, 2007). Apresentamos a seguir um desenho feito por Dalton para ilustrar suas ideias a respeito de sua “teoria das misturas gasosas”:



X. Dalton's illustration of his 1801 "theory of mixed gases." From Dalton (1802 c), 602.

Figura 1- Representação feita por Dalton para demonstrar a constituição atômica da atmosfera de acordo com sua teoria das misturas gasosas (Thackray, 1970 apud Viana, 2007).

No entanto, através desse modelo seria difícil explicar a combinação química entre essas partículas atômicas, pois, como as partículas A e B não são antagônicas, tampouco

haveria atração entre elas. Já que, entre as partículas de um mesmo tipo haveria forças repulsivas, o que também não permitiria combinação. Além disso, o modelo também envolvia forças repulsivas específicas entre cada tipo de átomo, ou seja, seria necessário admitir a existência de um grande número de forças diferentes atuando na natureza. O próprio Dalton reconheceu, posteriormente, esse aspecto inconveniente de sua primeira teoria das misturas gasosas. Apesar de muitas críticas direcionadas a essa teoria, Dalton acreditava que muitas de suas ideias eram mal compreendidas e procurava explicá-las através de cartas (Viana, 2007).

As críticas dirigidas à primeira teoria das misturas gasosas fizeram com que Dalton comesse a propor modificações em seus fundamentos, de forma que aos poucos Dalton foi-se aproximando das combinações químicas e da determinação das massas atômicas relativas (Viana, 2007).

Nesse sentido, ao continuar suas pesquisas sobre a solubilidade dos gases nitrogênio, hidrogênio, oxigênio, óxido nítrico e gás carbônico em água, Dalton desenvolveu uma relação matemática para classificá-los de acordo com as frações de solubilidade. Observou que o valor de solubilidade do gás nitroso era muito maior do que sua teoria de solubilidade previa. Então, especulou que esse gás estaria combinado quimicamente com o gás oxigênio que estaria residualmente dissolvido na água. Para explicar as variações de solubilidade desse gás, Dalton imaginou que a solubilidade dependeria do peso e do número de partículas dos gases (diferentes massas dos átomos) (Chaves, 2011).

A partir da investigação dos pesos relativos das partículas Dalton apresenta os resultados das massas atômicas relativas. De posse dos valores das massas atômicas relativas e das proporções em massa envolvidas em reações de formação de algumas substâncias, Dalton estabeleceu uma relação (de combinação entre os átomos na proporção de 1:1) intermediada pela regra da máxima simplicidade. A combinação entre os átomos resultaria em fórmulas químicas que traduziriam as proporções em massa envolvidas nessas transformações – regra da máxima simplicidade (Chaves, 2011).

Segundo Chaves (2011), pela regra da máxima simplicidade estabelecida por Dalton, um átomo de oxigênio se combinaria com um átomo de hidrogênio formando um “átomo composto” de água. Dalton verificou que a proporção em massa do elemento hidrogênio nas

reações em que estava presente, era sempre menor do que os outros elementos. Então, determinou a massa atômica do elemento hidrogênio com um valor padrão igual a um. A partir daí, seguindo o mesmo raciocínio, outras massas relativas foram propostas.

Através da regra da máxima simplicidade, Dalton pôde postular fórmulas químicas para os compostos – chegando assim às massas atômicas relativas. Esse seria o conceito-chave de seu modelo atômico quantitativo, com o qual Dalton foi capaz de explicar as diferentes proporções reacionais em massa – tanto as que já estavam publicadas na literatura, como as que foram sendo observadas por experimentadores como Wollaston e Thomson (Viana, 2007, p. 85).

De acordo com Viana (2007), a existência de partículas com tamanhos diferentes permitiu a Dalton inferir que volumes iguais de dois gases distintos possuiriam quantidades diferentes de partículas. Nesse sentido, Dalton supôs que os volumes de gases envolvidos em uma reação química poderiam ser usados para estimar o tamanho dos átomos. Dessa forma, a segunda teoria das misturas gasosas conseguia explicar as relações volumétricas de uma reação química.

A ordem dos fatores que levaram Dalton a essas modificações em seus fundamentos ainda são motivos de discussão entre os historiadores da ciência (Rocke, 2005 apud Viana, 2007 p. 26). Deste modo, existem diferentes versões sobre a origem da teoria atômica quantitativa de Dalton.

No entanto, iremos sustentar nossa discussão baseado na versão descrita por H. E. Roscoe e A. Harden (1896, apud Viana, 2007 p.28) por terem sido os primeiros a realizarem um exame sistemático dos cadernos de anotações de Dalton. A partir dessa análise detalhada, os autores teriam chegado à conclusão de que Dalton chegou ao seu atomismo quantitativo em 1805, com a elaboração da segunda teoria das misturas gasosas (Viana, 2007). Essa versão é apoiada em um relato do próprio Dalton:

Esta idéia me ocorreu em 1805. Eu logo percebi que os *tamanhos* das partículas dos fluidos elásticos *deveriam* ser diferentes... Sendo estabelecidos os diferentes *tamanhos* das partículas dos fluidos elásticos em condições semelhantes de temperatura e pressão, tornou-se um objetivo determinar os *tamanhos* e *pesos* relativos, bem como o *número* relativo de átomos em um dado volume... (Dalton, anotações para uma conferência apresentada à *Royal Institution* em 1810; citado Viana, 2007, p. 29.)

Deste modo, e por meio da aproximação de que os átomos são “esferas” indivisíveis, Dalton conseguia prever grande parte dos resultados práticos já definidos pelas leis ponderais, o que justificou o modelo atômico a ele atribuído como autor (Chaves, 2011).

Por fim, apresentamos a seguir um mapa conceitual a fim de sintetizar e ilustrar o processo construtivo da teoria atômica de Dalton.

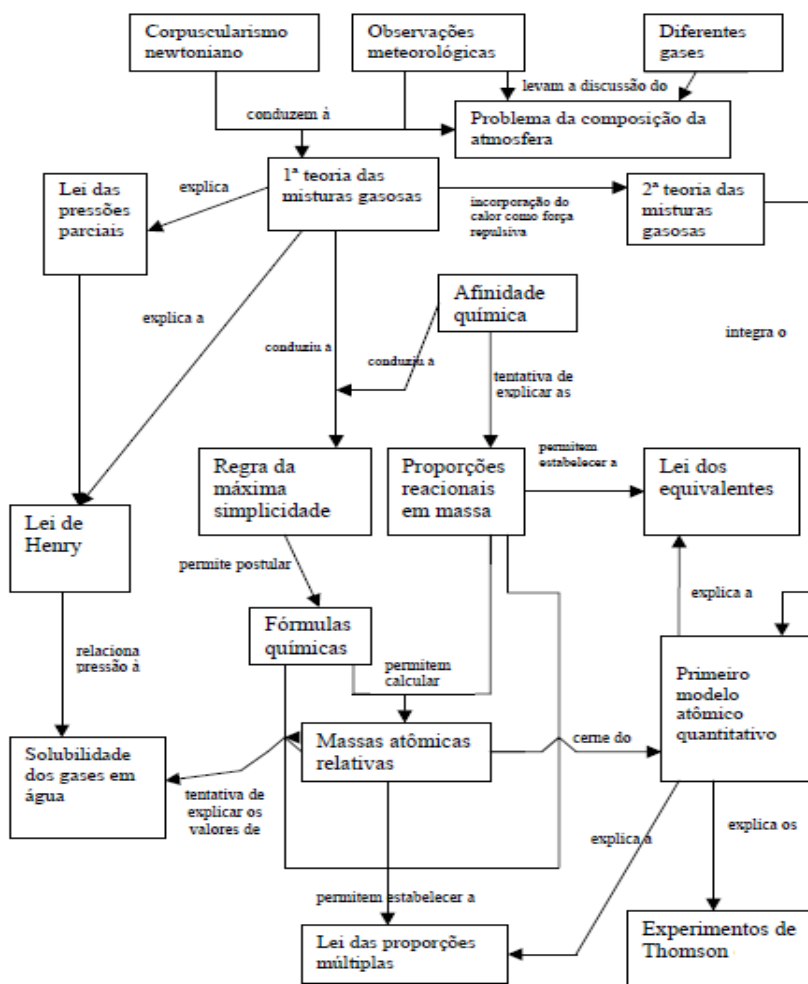


Figura 2 – Mapa conceitual – relações envolvidas na determinação das massas atômicas relativas por Dalton. Fonte: Viana (2007, p. 86)

O modelo atômico de Dalton foi limitado na medida em que não previa a existência de cargas no átomo. Nesse sentido, seria difícil tentar prever combinações químicas através do modelo de Dalton. No entanto, através da compreensão das ideias de Dalton, dos

experimentos que realizou e do acesso e troca de informações com diferentes cientistas da época, Thomson conseguiu propor explicações mais elaboradas sobre o átomo, identificando a presença de cargas no mesmo.

REFERENCIAL TEÓRICO PARA O PROFESSOR (MODELO ATÔMICO DE THOMSON)

A existência dos elétrons, como constituintes dos átomos, é uma das questões da ciência do início do século XX. O cientista inglês John Thomson foi uma das figuras mais importantes nessa época por suas contribuições no desenvolvimento das teorias atômicas (Lopes & Marques, 2010).

Thomson iniciou sua vida acadêmica aos 14 anos em Manchester, no Owens College, onde ingressou para cursar engenharia. Em Owens desenvolveu um grande interesse pela Física, bem como pelas leis das combinações químicas e pelas teorias atômicas da matéria, principalmente pelas ideias de John Dalton. Naquela época Dalton era uma grande personalidade da cidade de Manchester (Lopes & Marques, 2010).

Segundo Lopes (2009), é provável que o interesse de Thomson pela teoria atômica de Dalton tenha surgido nas aulas do professor de Química, Henry Roscoe. De acordo com esse autor, nos relatos de Thomson sobre as aulas de Henry era possível observar grande interesse pelas ideias difundidas sobre os átomos. A atenção de Thomson pelas combinações químicas foi estimulada nas aulas de Física do professor Stewart na qual, Thomson e os outros alunos podiam desenvolver, com autonomia, experimentos nos laboratórios (Lopes, 2009).

Durante sua vida acadêmica Thomson teve uma tentativa mal sucedida, em 1875, quando fez seleção para uma bolsa no Trinity College em Cambridge. Nessa época, não foi possível seu ingresso na faculdade, mas, no ano seguinte conseguiu ingressar para continuar seus estudos em matemática e física, permanecendo em Cambridge até o final de sua vida (Lopes & Marques, 2010).

As ideias iniciais de Thomson pareciam estar bem ligadas ao trabalho de Dalton, mas sua visão sobre a estrutura do átomo se transformou com o tempo, principalmente pela consideração de novas teorias e resultados dos experimentos que foram sendo desenvolvidos por vários cientistas da época, inclusive por ele próprio. (Lopes & Marques, 2010).

Thomson tinha preocupação em explicar as propriedades periódicas dos elementos com base na distribuição eletrônica. Para Thomson, o problema fundamental da teoria atômica consistia na explicação da variação das propriedades periódicas dos elementos químicos representados na tabela de Mendeleev. Em 1897, após considerar a existência do elétron, Thomson declarou que essas novas partículas ligadas ao átomo poderiam produzir esta periodicidade. Além disso, Thomson apresentava uma preocupação sobre a ligação entre os átomos para formar moléculas (Lopes, 2009).

Por volta de 1897, havia um debate intenso sobre os raios catódicos e os ingleses, em sua grande maioria, acreditavam que esses raios eram constituídos por partículas. Willian Crookes, por volta do século XIX, descobriu os raios catódicos utilizando um aparelho que ficou conhecido como tubo de Crookes, a este tubo foram deixadas algumas chapas fotográficas que foram submetidas a um gás com baixa pressão e alta tensão provocando uma radiação devido a descargas elétricas nos tubos de vidros, esta radiação ficou conhecida como raios catódicos (Reis et al., 2012).

Para Crookes, os raios catódicos eram moléculas carregadas as quais constituíam o quarto estado da matéria (essa denominação é hoje usada quando nos referimos ao plasma, que é exatamente o que se tem quando se produz uma descarga elétrica num gás rarefeito). Em 1897, Thompson encerrou a polêmica, demonstrando que os raios catódicos eram elétrons (Martins, 1990 apud Reis et al., 2012, p.3).

O diferencial do trabalho de Thomson em relação aos demais trabalhos da época foi o teste de tubos com diferentes tipos de gases (quatro foram testados) e utilizando três metais diferentes na constituição dos eletrodos. A partir desses testes e de cálculos derivados dos resultados deles, Thomson obteve sempre um mesmo valor, o qual ele definiu como sendo correspondente à razão carga/massa dos corpúsculos constituintes de todos os elementos químicos; um constituinte universal (Lopes & Marques, 2010).

Com base nesses experimentos, Thomson propôs um novo modelo para o átomo, cujas ideias centrais foram publicadas no *Philosophical Magazine* em 1904:

A ideia de que os átomos dos elementos consistem em um número de corpúsculos eletricamente negativos englobados numa esfera uniformemente positiva sugere, dentre outros problemas matemáticos interessantes, o único discutido neste artigo – o movimento de um anel com n partículas eletricamente negativas localizado numa esfera

eletrificada uniformemente. (Thomson 1904 apud Lopes & Marques, 2010, p. 136).

Em outras palavras, o modelo de Thomson propunha a existência de corpúsculos que circulavam em anéis coplanares dentro de uma esfera uniformemente positiva. Para determinar o arranjo dos corpúsculos nos anéis, Thomson fez uso de uma analogia com ímãs flutuantes (investigados por Alfred Mayer):

O problema da disposição dos corpúsculos é encontrar a forma como um número de corpos que se repelem mutuamente com forças inversamente proporcionais ao quadrado da distância entre elas irão organizar-se quando sob a ação de uma força atrativa que tende a arrastá-los para um ponto fixo. Pelo método experimental, os corpúsculos são substituídos por agulhas magnetizadas fixadas em discos de cortiça e flutuando em água. Devem ser tomados cuidados para que essas agulhas sejam igualmente magnetizadas. Estas agulhas, tendo seus polos todos apontando no mesmo sentido, repelem-se mutuamente como os corpúsculos. A força atrativa é produzida por um grande ímã colocado acima da superfície da água, sendo o polo inferior deste ímã de sinal oposto ao sinal superior dos polos dos ímãs flutuantes. (J. J. Thomson, 1907 apud Lopes & Marques, 2010, p. 137-138).

Ao propor esta analogia Thomson parece tentar elaborar melhor sua própria representação do átomo no qual atuariam forças atrativas e repulsivas e em que os elétrons se encontravam em movimento. Essa analogia também parece ter sido usada por ele para facilitar a apresentação deste à comunidade científica, ou seja, a comunicação de suas ideias. Assim, pode-se perceber através de sua analogia com ímãs flutuantes, a ideia de um modelo atômico dinâmico, no qual existe movimentação dos elementos que o compõem (Lopes & Martins, 2009).

Em livros didáticos da educação básica e mesmo do ensino superior, no entanto, não é a analogia com os ímãs flutuantes a que comumente encontramos, mas a analogia entre o modelo de Thomson e o “pudim de passas”. No entanto, ao contrário do que se pensa e muitas vezes se difunde essa analogia não foi proposta por Thomson. Há indícios de que ela tenha surgido em 1906, em um relato sobre as palestras proferidas por J. J. Thomson, no qual um repórter anônimo, para esclarecer os expectadores sobre o modelo proposto por Thomson, fez esta comparação entre o átomo de Thomson e o “pudim de passas” (Giora & Goldstein, 2013).

Ademais, a preocupação de Thomson em explicar as combinações químicas foi claramente apresentada no artigo de 1904, detalhando um modelo de ligação bastante conhecido nos processos educacionais:

Quando átomos eletronegativos, onde os corpúsculos estão muito estáveis, são misturados com átomos eletropositivos, onde os corpúsculos ficam submetidos pela ação de um átomo sobre o outro resulta em perda de corpúsculos pelos átomos eletropositivos e sua transferência para os eletronegativos. Os átomos eletronegativos adquirem uma carga elétrica negativa, e os átomos com cargas opostas atraem um ao outro, e um composto químico com os átomos eletropositivo e eletronegativo será formado. (J. J. Thomson, 1907 apud Lopes & Marques, 2010, p. 139)

Após esta publicação em 1904, Thomson continuou detalhando seu modelo através de exemplos, analogias e representações gráficas. Aprofundou suas ideias sobre como poderia acontecer ligações químicas, troca de corpúsculos, valência, eletronegatividade e eletropositividade, esclarecendo “os termos eletronegatividade e eletropositividade são apenas relativos, e um elemento pode ser eletropositivo para uma substância e eletronegativo para outra” (J. J. Thomson, 1907 apud Lopes & Marques, 2010, p. 139).

O modelo proposto por Thomson teve grande influência no desenvolvimento da química: os modelos de ligação e reação química nesse período foram em sua grande maioria construídos a partir das ideias de Thomson (Lopes, 2009).

EVENTO 1- TEORIA DAS MISTURAS GASOSAS: TEXTOS

Inicialmente o professor deve informar os alunos que ocorrerá uma abordagem dos modelos atômicos de Dalton e Thomson¹⁶ a partir de uma proposta mais interativa, que envolve a criatividade e imaginação dos estudantes e que os coloca como verdadeiros criadores.

Nesse momento é importante que o professor esclareça que os alunos irão trabalhar com atividades que envolvem elaboração de modelos e analogias e, portanto, é necessário que eles compreendam a definição desses termos. Desse modo, o professor deve expor (de acordo com os referenciais apresentados nos itens 2 e 3) o que são modelos e analogias para que os alunos compreendam o que está sendo solicitado nas questões.

¹⁶ Como o conceito de átomo e discussão dos modelos atômicos geralmente acontece ao longo do primeiro ano do Ensino Médio, é importante, caso eles já tenham estudado esses conceitos, que o professor situe os alunos, buscando justificar a nova ênfase dada ao assunto.

É importante que os alunos entendam que os modelos são representações parciais da realidade e que a partir deles os cientistas fazem previsões, elaboram e testam hipóteses, descrevem, interpretam, explicam fenômenos e formulam questões (Gilbert et al., 2000). Sendo que, durante as atividades, os alunos deverão trabalhar, assim como os cientistas, nas criações de seus próprios modelos.

No caso da analogia os alunos devem compreender que se trata da comparação das relações entre um domínio alvo e um domínio análogo, sendo que as semelhanças e limitações da comparação necessitam estar suficientemente descritas. Além disso, é importante que os alunos percebam a diferença entre as analogias e as comparações de mera aparência.

É interessante que durante a explicação o professor utilize de exemplos que possam esclarecer esses termos. No caso dos modelos, o professor pode levar um copo com água, escrever a molécula de H₂O no quadro e representar a molécula através de bolinhas de isopor e varetas para discutir o conceito de modelo na ciência. Nesse exemplo, é possível se distinguir duas formas de representação (no quadro (H₂O) e através das bolas e varetas) destacando-se a diferença dos modelos da realidade (o copo d'água). É importante que o professor através dessa discussão esclareça que: os modelos são representações parciais e, portanto eles apresentam limitações, os modelos facilitam a compreensão e favorecem a explicação de entidades abstratas e que os modelos podem auxiliar na elaboração de previsões para determinado fenômeno.



No caso das analogias é importante que o professor destaque a diferença entre as comparações de mera aparência e as analogias. Isto porque, é comum que os alunos sintam dificuldades em compreender o significado das analogias confundindo-as com comparações de mera aparência. Um exemplo de comparação de mera aparência pode ser a comparação feita entre as roupas da marca Malwee e o abraço através do slogan: “Malwee gostosa como um abraço”. Através dessa comparação, a seguinte correspondência deve ser explicitada para o aluno:

Análogo (Abraço)	Correspondência	Alvo (Roupa da marca Malwee ®)
----------------------------	------------------------	--

Prazer que se sente ao ganhar um abraço		Prazer que se sente ao vestir a roupa da marca
---	---	--

Quadro 1: Correspondência da comparação de mera aparência estabelecida entre um abraço e a roupa da marca Malwee® .

O exemplo de analogia pode ser discutido a partir da comparação feita pelo pesquisador Mark James entre o peso dos seres humanos e o peso das formigas, disponibilizado, através do site <http://www.physics.nau.edu/%7Ejames/Materials.htm>: “Um humano pesa mais ou menos 10 milhões de vezes mais do que uma formiga, mas como há muito mais formigas que seres humanos no mundo, ambos pesam aproximadamente o mesmo tanto. E, enquanto temos apenas uma espécie de humanos, existem milhares de espécies de formigas”. Através dessa comparação, as seguintes correspondências devem ser explicitadas para o aluno:

Análogo (Peso das formigas)	Correspondência	Alvo (Peso dos seres humanos)
Menor massa individual, mas maior quantidade de formigas		Maior massa individual, mas menor quantidade de seres humanos. Igualdade de peso total
Igualdade de peso total		Igualdade de peso total.

Quadro 2: Correspondências da analogia entre o peso das formigas e o peso dos seres humanos

Com o objetivo de auxiliar o aluno na compreensão de que existem aspectos do análogo e do alvo que não devem ser comparados (limitações da analogia), alguns deles necessitam ser identificados e discutidos a partir dessa analogia. Por exemplo: enquanto existem diversas espécies de formigas existe apenas uma espécie de ser humano.

Texto sobre Dalton ‘Primeira parte’

A primeira parte do texto, apresentada a seguir, deverá ser distribuída aos alunos aguardando cerca de trinta minutos para que eles possam fazer a leitura e responder as perguntas. Os alunos deverão realizar a leitura e responder as questões em grupo. É interessante que os grupos sejam constituídos de no máximo cinco pessoas.

Trabalhando em colaboração com Dalton

A composição da matéria desde o século V a.C já era um assunto que interessava aos homens. Naquela época, alguns filósofos levantavam hipóteses sobre a constituição da matéria e consideravam que esta seria formada por pequenas partículas bastante resistentes que não eram divisíveis. A estas partículas deram o nome de átomo (Chaves, 2011).

Posteriormente, foram surgindo outras ideias em torno do conceito de átomo, mas todas estas ideias apresentadas eram criadas somente através de estudos observacionais. Somente muitos anos depois, no século XIX, surge através dos estudos de Dalton uma teoria atômica que poderia ser testada através da experimentação. Assim, neste momento, surge uma teoria que une conceitos teóricos à possibilidade de sua aplicação prática.

Dalton nasceu na Inglaterra e durante a sua vida, teve um professor com quem iniciou seus estudos sobre matemática. Por influência desse professor, ele começou a interessar-se pela meteorologia. Naquela época, Dalton adquiriu um hábito de anotar, detalhadamente, dados sobre fenômenos atmosféricos (Viana, 2007).

Ao realizar suas anotações sobre os fenômenos atmosféricos, Dalton tentava compreender a uniformidade da atmosfera, apesar de ser constituída por vários gases diferentes. Ele tentava entender como poderia diferentes gases (oxigênio, gás carbônico, nitrogênio, vapor de água), de diferentes capacidades de expansão quando aquecidos, estarem arranjados de modo a constituir uma atmosfera uniforme. A partir daí, Dalton estudou sobre os gases presentes na atmosfera e este estudo o levou a elaborar uma explicação para a disposição dos gases na atmosfera.

Após a leitura do texto os alunos deverão responder as questões apresentadas a seguir. O professor pode visitar os grupos durante a resolução, buscando orientá-los segundo o objetivo de cada questão. Além disso, após o término da atividade o professor deve socializar as respostas dos grupos com toda a turma. Para essa socialização de ideias o professor deve pedir para que um aluno de cada grupo leia as respostas do grupo para que todos possam conhecer as ideias uns dos outros. É importante que o professor não se posicione diante de nenhuma resposta, ele deve fazer os alunos refletirem sobre suas concepções através dos questionamentos (como apontado nas instruções das questões).

1. Vamos imaginar agora que você é um dos colaboradores de Dalton e precisa ajudá-lo a propor explicações para a organização dos gases na atmosfera. Como você iria propor esta disposição dos gases na atmosfera? Explique.

Instruções para o professor: Sabemos que os gases da atmosfera são arranjados como em uma mistura gasosa, e que, toda mistura gasosa é sempre homogênea; ou seja, possui uma só fase e por isso comporta-se como se fosse constituída por um único gás. Esta questão tem a intenção de fazer o aluno refletir e elaborar suas próprias explicações para o fenômeno e para que, posteriormente, as ideias deles sejam refutadas ou confirmadas, durante a atividade posterior, a partir da apresentação da explicação de Dalton na “primeira teoria das misturas gasosas”.

O professor durante a discussão dessa questão deve perguntar aos alunos se eles conseguem apontar alguma evidência para o ponto de vista deles, com questionamentos do tipo “Como você explica sua ideia sobre a disposição dos gases?” (buscando conhecer os motivos que influenciaram o aluno a ter aquela concepção) “Porque você propôs dessa forma?” (na tentativa de descobrir se o aluno se baseou em alguma evidência para sustentar sua ideia).

É importante ter bastante clareza das ideias dos alunos durante essa discussão, pois, é um momento oportuno para compreender se os alunos supõem combinações químicas, se possuem concepções alternativas (como por exemplo, a existência de ligação química entre os diferentes gases) ou se simplesmente propõem uma mistura gasosa.

Nesse sentido se, por exemplo, os alunos pensarem em combinações químicas o professor pode questionar “qual o gás inspiramos?” (O_2) “Esse gás encontra-se combinado com alguma outra molécula?” “Então, como poderíamos supor combinações químicas entre as moléculas?”

2. Crie modelos e/ou sugira uma comparação que possa explicar melhor suas ideias.

Instruções para o professor: Esta questão busca conhecer em detalhes as ideias dos alunos, pois, através da proposição de modelos (e comparações) é possível observar como os alunos ‘imaginam’ esta disposição dos átomos. Além disso, esta socialização de ideias, buscando discutir as questões com os alunos, pode favorecer a argumentação deles. Nesse sentido, é interessante que o professor faça questionamentos do tipo “quais as semelhanças (e

diferenças) entre esse modelo (ou comparação) que você elaborou e a disposição dos gases na atmosfera?” “baseado em quê você acredita que os gases são organizados dessa forma que você propôs?” (tentativa de explorar as evidências que sustentaram as ideias dos alunos).

Texto sobre Dalton ‘segunda parte’

Após a discussão das questões deve ser repassada a segunda parte do texto para os alunos e aguardar alguns minutos para que possam refletir e responder a questão, como apresentado a seguir:

Parte 2

As observações de Dalton o levaram a concluir que a composição do ar era praticamente constante, ou seja, praticamente não se alterava mesmo se comparássemos lugares bastante distantes entre si. A partir daí, Dalton acreditava que os gases da atmosfera formavam uma mistura gasosa. Para explicar sobre a disposição dos átomos dos gases na atmosfera, Dalton afirmou que átomos iguais iriam se repelir e átomos diferentes não exerceriam qualquer efeito um sobre o outro, ou seja, nem iriam se atrair, nem se repelir (Viana, 2007).

Sabendo dessa concepção de Dalton, você faria alguma alteração no seu modelo proposto anteriormente? Por quê?

Instruções para o professor: Durante a discussão da questão é interessante o professor instigar os alunos com perguntas do tipo “baseado em quê você sustenta esta opinião da modificação (ou não) do seu modelo proposto anteriormente?” “Você acredita que os átomos iguais se repelem? Por quê?” “Então um átomo de oxigênio irá repelir outro átomo de oxigênio? (na tentativa de demonstrar que se isso acontecesse a molécula de O_2 não poderia existir). Esse tipo de questionamento também pode ser feito, num momento anterior a discussão com a turma, visitando cada grupo, a fim de estimular as reflexões dos alunos.

Após os alunos responderem a questão, mais uma vez, o professor deverá socializar e discutir as ideias dos grupos com toda a turma. Nesse momento, é interessante que o professor peça aos alunos que faça no quadro os modelos elaborados pelos grupos a fim de interagir as ideias.

Para isso, o professor deve instigar os alunos com perguntas do tipo “qual desses modelos vocês acreditam que melhor explica a disposição dos gases? (apontando para os modelos representados no quadro) Qual o motivo da escolha? (buscando justificativas da escolha)”. A intenção desse momento é analisar as reflexões dos alunos nessa situação que envolve uma nova informação sobre o modelo proposto por Dalton para a disposição dos gases.

A discussão com a turma é um momento oportuno para que o professor faça considerações no sentido de estimular os alunos a refletirem sobre ideias como: a ciência como uma verdade absoluta, aproblemática, descontínua, empírico-indutiva. Visto que, como ressalta Viana (2007), a elaboração da primeira teoria das misturas gasosas exemplifica como a ciência é vinculada a uma situação problema, pois, Dalton tentava explicar uma difícil questão, relacionada à composição da atmosfera. Em geral, o conhecimento científico não é criado como um fim em si mesmo (como muitos estudantes ingenuamente consideram), mas em busca de solução para um problema. Além disso, Dalton parte de problemas meteorológicos e chega a uma teoria extremamente útil para o desenvolvimento posterior da química. Isso mostra como a ciência não é feita de forma linear e acumulativa, mas pode tomar rumos inesperados (Viana, 2007).

Texto sobre Dalton ‘terceira parte’

Após a discussão da segunda parte do texto deverá ser distribuída aos alunos a terceira parte:

Após outros cientistas analisarem o modelo para a disposição dos gases na atmosfera proposto por Dalton eles perceberam alguns aspectos que deveriam ser reconsiderados. Os cientistas perceberam que através desse modelo descrito por Dalton seria difícil explicar a combinação química entre as partículas atômicas, pois, se os átomos iguais fossem se repelir não poderíamos encontrar moléculas diatômicas, como por exemplo o O₂ (oxigênio) na natureza. O próprio Dalton reconheceu, posteriormente, essa limitação de sua primeira teoria das misturas gasosas (Viana, 2007). Nesse sentido, mesmo que o modelo de Dalton pudesse explicar com coerência a disposição dos átomos em uma atmosfera composta por

diferentes tipos deles, havia aspectos que deveriam ser estudados mais profundamente e revistos.

Cerca de cinco minutos devem ser reservados para que os alunos possam fazer a leitura do trecho. Posteriormente, poderá iniciar a discussão. Nesse momento, o professor deve focar seu discurso no esclarecimento do modelo proposto para “primeira teoria das misturas gasosas” que, apesar de esclarecer sobre as disposições dos gases na atmosfera, tinha aspectos inconvenientes como um número extenso de forças atuando na natureza e a existência de repulsão entre moléculas de átomos iguais. Para esclarecimento da teoria de Dalton e suas limitações é importante que o professor consulte o item 4.1.

Além disso, é importante ressaltar que hoje sabemos que os gases na atmosfera são organizados como em uma mistura gasosa, na qual cada gás se comporta como se estivesse sozinho no recipiente exercendo uma pressão parcial no sistema, não havendo reação química entre eles.

Durante a discussão, o professor deve esclarecer aos alunos que naquela época considerava-se que a atmosfera era composta somente por O_2 , CO_2 , N_2 e vapor de água e que hoje em dia já sabemos que se encontram outros gases como He (Hélio), Ar (Argônio), Ne (Neônio), Xe (Xenônio), Rn (Radônio), Kr (Criptônio), além de outros componentes que podem variar de acordo com a localidade (como poeira, fumaça etc.). É necessário ressaltar que, como descrito no texto, naquela época não se sabia que o oxigênio era uma molécula composta por dois átomos de oxigênio e, por isso, Dalton propôs o modelo em que as moléculas do mesmo elemento iriam se repelir.

EVENTO 2- MODELO ATÔMICO DE DALTON: TEXTO

Nesse evento o professor deve distribuir a parte final do texto para que os alunos possam ler e responder as questões propostas em grupos. É interessante solicitar-lhes que elejam um modelo consensual e uma comparação consensual para o grupo. Porém, caso haja divergências, poderão apresentar e defender mais ideias. Para esse evento é importante que o professor reserve um tempo maior para que os alunos possam discutir suas visões, como proposto na atividade:

As críticas dirigidas à teoria de Dalton fizeram com que ele começasse a propor modificações em seus fundamentos, de forma que, aos poucos, Dalton foi se aproximando das

combinações químicas entre os átomos e da determinação de que cada átomo possuiria uma massa atômica distinta. A partir daí, Dalton descreveu que os átomos seriam as menores partículas presente na natureza. Eles seriam partículas sólidas, com massas e pesos distintos, maciças, duras, impenetráveis, móveis, esféricas e que nenhum poder comum seria capaz de dividi-las (Viana, 2007).

1. Imagine agora que você precisa representar o átomo descrito por Dalton para apresentá-lo aos demais cientistas. Faça a representação de como você imagina o modelo atômico descrito por Dalton.

Instruções para o professor: Essa questão busca compreender os modelos mentais elaborados pelos alunos através da expressão gestual, concreta e 2D. Para esclarecer os modelos elaborados pelos alunos o professor pode, ao visitar cada grupo, fazer questionamentos do tipo “baseado em que você me diz que o modelo proposto por Dalton pode ser representado desse modo (apontando para o modelo do aluno)?” “tem alguma parte no texto que apoia essas suas ideias (com intuito de compreender quais foram os fundamentos das ideias deles)?”.

2. Agora para que os outros cientistas possam entender com clareza o seu modelo, sugira uma comparação entre ele e algo que lhe seja familiar. Apresente as semelhanças e diferenças entre o modelo e aquilo que você comparou.

Instruções para o professor: Durante esta elaboração é interessante que o professor auxilie os alunos estimulando-os a apresentar com clareza suas ideias. Questionamentos verbais do tipo “quais as semelhanças entre seu modelo e isso que você comparou? quais são as diferenças entre esses dois sistemas?” “Para Dalton, átomos diferentes possuiriam massas diferentes, essa comparação feita por você consegue explicar essa característica do modelo de Dalton?” são relevantes durante esse processo.

Os questionamentos feitos pelo professor durante a atividade devem ser realizados no sentido de verificar quais foram às evidências utilizadas pelos alunos para criarem seus próprios modelos. Além disso, é importante entender com clareza as comparações feitas por eles para analisar suas ideias sobre o modelo atômico de Dalton.

EVENTO 3- FECHAMENTO MODELO ATÔMICO DE DALTON E INTRODUÇÃO DO MODELO ATÔMICO DE THOMSON

No momento inicial desse evento é importante o professor focar seu discurso nos fundamentos do modelo atômico de Dalton, buscando esclarecer as ideias apresentadas por esse cientista. Portanto, aspectos como o motivo de Dalton chegar até a proposição de massas relativas para os átomos, ou seja, a especulação sobre a solubilidade dos gases em água (devido ao interesse pela meteorologia), que Dalton imaginou que a solubilidade dependeria do peso e do número de partículas dos gases (descrito no referencial teórico desse assunto). Tal aspecto deve ser relatado para que os alunos compreendam que toda a motivação para os estudos de Dalton veio a partir do seu interesse pela meteorologia.

O professor pode destacar que a quantificação das massas atômicas só foi possível porque Dalton não utilizou apenas dados produzidos por ele mesmo, mas também dados experimentais de outros cientistas, disponíveis em publicações da época. Deve se ressaltar que a ciência é um empreendimento coletivo: cientistas interagem, por exemplo, por meio de publicações. Além disso, é interessante discutir com os alunos que os cientistas também buscam pela validação de seus trabalhos submetendo-os a apuração de seus pares (Viana, 2007).

Para fechar a discussão do modelo de Dalton, é importante que o professor discuta os modelos elaborados pelos grupos de alunos (proposto na parte final do texto sobre Dalton), ressaltando as características do modelo proposto por Dalton e buscando fazer com que os alunos reflitam sobre a coerência (ou incoerência) dos modelos elaborados por eles perante o modelo de Dalton. Para isso, é interessante que os modelos propostos pelos alunos estejam expostos para que o professor possa abordar os equívocos encontrados nos modelos propostos pelos alunos.

Ademais, o professor deve discutir que o desenvolvimento da teoria atômica daltoniana foi marcado por diversos embates científicos. A teoria de Dalton não foi universalmente aceita de imediato, tendo sofrido muitas críticas. Dalton foi reformulando sua teoria inicial com o propósito de responder a objeções formuladas por outros cientistas (por exemplo: a ideia inicial de Dalton de que não haveria uma combinação química entre essas partículas atômicas, somente forças mecânicas, ou seja, forças repulsivas entre tipos de átomos iguais, foi bastante criticada na época levando a reformulações). Ressaltando que as teorias científicas, em geral, não são capazes de resolver todas as questões a ela relacionadas de imediato, e estão sujeitas a elaboração ao longo do tempo (Viana, 2007).

Ao fechar essas discussões com relação ao modelo atômico de Dalton, o professor deve informar aos alunos que será realizado um experimento com a intenção de discutir mais um pouco sobre o modelo atômico de Dalton. O material necessário para a experimentação deverá ser disponibilizado em cada grupo para que seja possível realizá-lo em todos os grupos.

O experimento consiste em dois balões cheios de ar que serão eletrizados a partir do atrito com lã. Posteriormente, duas pessoas deverão aproximar os balões de uma lata de refrigerante, de modo que os balões fiquem de lados opostos para que exerçam uma força sobre a lata de refrigerante como em um “cabo de guerra”.

Após a experimentação, os alunos deverão responder ao questionário, apresentado a seguir, em grupos. Durante a aplicação do questionário o professor deve dirigir-se aos grupos a fim de conduzi-los, de acordo com o objetivo de cada questão. A compreensão de que o modelo atômico de Dalton não consegue explicar o fenômeno da eletrização verificado no experimento - necessitando, portanto, de um novo modelo que possa explicar o fenômeno - deve ser o objetivo principal de aprendizagem da atividade. Em outras palavras, o foco aqui é *apresentar as limitações deste modelo e a necessidade de se pensar em um novo modelo para o átomo.*

Questão 1. Anote suas observações do experimento.

Instruções para o professor: A intenção dessa questão é verificar quais foram as principais observações dos alunos.

Questão 2. Como você explica o fato do balão deslocar a lata de refrigerante?

Instruções para o professor: Nessa questão é importante que o aluno compreenda que há a presença de cargas, já que o balão consegue deslocar a lata de refrigerante através da atração. Nesse sentido, o professor pode instigar os alunos com questionamentos que busquem esta compreensão (como por exemplo: “como você explica o fato do balão atrair a lata?” com a intenção dos alunos pensarem em carga).

Questão 3. Quando aproximamos os dois balões, a lata se desloca cada momento para um lado. Como você explica isso?

Instruções para o professor: Mais uma vez, essa questão busca a reflexão do aluno com relação a presença de carga no átomo.

Questão 4. Você consegue elaborar uma explicação para este fenômeno através do modelo atômico de Dalton? Se sim, qual? Se não, explique o motivo.

Instruções para o professor: Nesse momento, o aluno pode perceber que o modelo de Dalton não consegue explicar a presença e a perda de carga do átomo visto no experimento. Deste modo, o professor pode fazer questionamentos do tipo “baseado em que você sustenta sua opinião que o modelo de Dalton explica (ou não explica) o fenômeno observado?”.

EVENTO 4- INTRODUÇÃO DO MODELO ATÔMICO DE THOMSON

Inicialmente nesse evento é interessante que o professor retomar as questões relacionadas ao experimento concluindo que o fenômeno ocorrido, ou seja, a eletrização por atrito, não pode ser explicado através do modelo de Dalton. A partir de então, surge a necessidade de um novo modelo que possa explicar esse fenômeno. Esta discussão é oportuna para os alunos compreenderem que a eletrização ocorre devido à existência de *cargas* (é interessante que o professor até esse momento continue se referindo ao elétron através dessa nomenclatura) e essas não foram descritos por Dalton em seu modelo. No entanto, o professor deve valorizar o átomo de Dalton ressaltando que ele foi útil para explicar outros fenômenos (como as reações químicas e as leis ponderais associadas a elas: a Lei de Lavoisier, da conservação das massas, e a Lei de Proust, da proporcionalidade). Além disso, por admitir a possibilidade de os átomos variarem em massa, o modelo atômico de Dalton abre portas para introduzir um dos conceitos centrais da Química: a massa atômica. Nesse sentido, as ideias de Dalton foram primordiais para impulsionar novos rumos das ideias sobre o átomo e da Química em geral.

Após a discussão, o professor deve distribuir aos alunos o texto referente ao modelo atômico de Thomson. Os alunos devem fazer a leitura e a questão solicitada no texto em grupos.

O modelo atômico de Thomson

Por volta do século XIX um cientista chamado Willian Crookes realizou um experimento com um tubo contendo determinada quantidade de gás e nesse experimento foi verificada uma emissão de radiação quando esse tudo era submetido a uma descarga elétrica. Nessa época, houve uma grande polêmica, de nível internacional, para investigar o que seria essa radiação (Reis et al., 2012).



Naquela época, Thomson, assim como outros cientistas, começou a investigar sobre esta radiação emitida durante o experimento descrito por Willian Crookes. John Thomson era um cientista nascido na cidade de Cheetham, mas, morava na cidade de Cambridge e estudava no Trinity College. Ele iniciou sua vida acadêmica aos 14 anos, quando ingressou para cursar engenharia. Nessa época, esse cientista desenvolveu um grande interesse pelas teorias atômicas que previam a constituição da matéria e, principalmente, pelas ideias de Dalton (Lopes & Marques, 2010).

Para investigar sobre a radiação emitida no trabalho de Willian Crookes, Thomson repetiu o experimento feito por Crookes com algumas alterações. Esses experimentos realizados por Thomson o fizeram perceber que a radiação emitida possuía massa específica e carga negativa, pois, a radiação era atraída por um campo elétrico positivo (Reis et al., 2012).

Diante desses resultados, Thomson percebeu que esta carga negativa, com massa específica (valor fixo), presente na radiação era um componente que estava presente em todos os materiais. A este componente foi dado o nome de elétron. Sendo o elétron, portanto, a carga negativa que possui massa específica e está presente em todos os materiais.

Deste modo, como Thomson percebeu que os elétrons estariam presentes em todos os materiais e naquela época já se sabia que todos os materiais eram constituídos por

átomos, logo, os elétrons estariam presentes nos átomos. Deste modo, Thomson propôs um novo modelo atômico.

Thomson concordava com Dalton que o átomo seria esférico, porém, para Thomson esta esfera seria carregada positivamente e os elétrons com cargas negativas estariam distribuídos de maneira uniforme por toda a extensão do átomo.

Thomson descreveu o átomo da seguinte maneira: esférico, no qual toda a esfera está uniformemente eletrificada positivamente e, nessa esfera encontram-se distribuídos os elétrons. Os elétrons estão distribuídos em arcos invisíveis, cada arco contendo certo número de elétrons de modo que os arcos que se encontram mais próximos da superfície da esfera possuem o maior número de elétrons. Além disso, esses elétrons estão em constante movimento, girando em alta velocidade no arco dentro da esfera (Lopes & Marques, 2010).

Para Thomson, as cargas negativas (elétrons) também poderiam se locomover dentro da esfera positiva se entrassem em contato com outro átomo. Isso porque, todos os átomos possuíam elétrons e quando entrassem em contato uns com os outros para que não houvesse repulsão entre os seus elétrons, estes se mudariam de lugar deixando a esfera (o átomo) carregada positiva ou negativamente. Assim, poderiam atrair ou repelir outro material. Mas, passado alguns instantes depois do contato com outro material, o átomo voltaria a ser neutro (não iria atrair, nem repelir qualquer material).

Agora, você precisa auxiliar Thomson na apresentação desse modelo aos outros cientistas. Para isso, elabore uma representação demonstrando como você imagina que seja esse modelo descrito por Thomson.

Instrução para o professor: Durante o processo de criação desse modelo é interessante que o professor auxilie os grupos no sentido de criarem representações coerentes com o modelo atômico descrito por Thomson. Desse modo, o professor pode instigar os alunos com questionamentos do tipo “baseado em que você me diz que o modelo proposto por Thomson pode ser representado desse modo (apontando para o modelo do aluno)?” “tem alguma parte no texto que apoia essas suas ideias (com intuito de compreender quais foram os fundamentos das ideias deles)?” “todas as características descritas por Thomson em seu modelo estão presente nesse modelo elaborado por você”?.

Durante a leitura do texto todas as dúvidas que surgirem através dos alunos devem ser esclarecidas pelo professor em voz alta para toda turma a fim de desvendar possíveis dificuldades compartilhadas entre eles e para clarear ao máximo as ideias apresentadas no texto.

EVENTO 5- CRIAÇÃO DE ANALOGIAS

Após o momento de criação de modelos solicitado no texto sobre o modelo de Thomson o professor deverá distribuir para os grupos a atividade, apresentada a seguir, que solicita aos alunos criarem suas analogias.

MOMENTO CRIATIVO!!!!

Agora que vocês já elaboraram as representações para o modelo atômico de Thomson, vocês deverão criar comparações que possam ajudar os outros cientistas a entenderem as ideias do modelo atômico proposto por Thomson. *LEMBREM-SE!* A comparação deve ser feita entre o modelo atômico de Thomson e algo familiar a vocês. *NÃO SE ESQUEÇAM* de apresentar as *semelhanças* e *diferenças* entre o modelo e aquilo que vocês compararam.

Nesse evento, o professor deve visitar os grupos questionando se todos estão de acordo com as analogias criadas ou se algum dos alunos apresenta uma ideia diferente do grupo. É importante que o professor faça questionamentos para identificar quais foram os elementos que fundamentaram a escolha dos análogos pelos estudantes e as relações estabelecidas por eles entre os domínios comparados. Para isso, perguntas do tipo: “Baseado em que vocês decidiram por esta comparação?”; Em que sentido “X” é semelhante a “Y”? “Esta comparação consegue explicar a movimentação dos elétrons como descrito por Thomson em seu modelo?”. Os questionamentos são interessantes, inclusive, para estimular a discussão no grupo.

EVENTO 6- APRESENTAÇÃO DA ANALOGIA DO “PLUM PUDDING”

Nesse evento, o professor, inicialmente, deve apresentar aos alunos a imagem do “plum pudding” (figura 3) informando a eles que a analogia entre o “plum pudding” e o modelo atômico de Thomson é comumente encontrada nos livros didáticos com intuito de esclarecer esse modelo proposto por Thomson.



Figura 1. Plum Pudding

Através da apresentação da imagem do “plum pudding” o professor deve informar aos alunos que nessa comparação as passas estão dispersas por toda extensão do pudim assim como os elétrons estão dispersos por toda extensão do átomo e a massa do pudim encontra-se distribuída de maneira uniforme assim como há uma distribuição uniforme da parte positiva do átomo.

Posteriormente, se deve retomar o experimento realizado no evento 3 lembrando que aquele experimento pode ser explicado através do modelo atômico de Thomson. Deve ser entregue em cada grupo a atividade, apresentada a seguir. Durante essa atividade, o professor deve percorrer os grupos a fim de esclarecer, caso ainda existam, dúvidas sobre o fenômeno da eletrização por atrito. É muito importante que o professor deixe claro que aquele fenômeno pode ser justificado através do modelo atômico de Thomson, pois, esse modelo propõe a movimentação dos elétrons nos átomos e entre átomos (no caso do atrito). Para isso, o professor deve discutir a primeira e segunda questão da atividade com os alunos de toda a turma buscando esclarecer o motivo de o balão atrair a lata de refrigerante. Esse momento é importante para que posteriormente os alunos possam escolher, de maneira mais crítica, pela analogia que melhor explica o fenômeno e, conseqüentemente o modelo que melhor explica. Portanto, o professor deve solicitar aos alunos que respondam somente as questões 1 e 2 e que posteriormente a discussão com toda a turma, eles respondam as questões seguintes.

RETOMANDO A EXPERIMENTAÇÃO...

- 1. Ao aproximarmos o balão da lata de refrigerante, antes de atermos ele com a lâ, não há o deslocamento da lata. Você consegue me dizer por que isso acontece?**

Instrução para o professor: A intenção dessa questão é ressaltar que o atrito causa a migração dos elétrons entre os átomos e que, por isso, antes de atritarmos o átomo encontra-se neutro. O professor poderá fazer questionamentos como: “Antes de atritarmos o balão com a lã, existe a movimentação dos elétrons?” - com a intenção de saber se eles compreendem a movimentação de elétrons no átomo neutro.

2. Qual o motivo do balão atrair a lata de refrigerante?

Instrução para o professor: Nesse caso, a intenção é que os alunos compreendam que o balão encontra-se eletrizado, devido à presença de elétrons no átomo, por isso atrai a lata de refrigerante.

3. Explique, utilizando o modelo atômico de Thomson, o que foi observado no experimento.

Instrução para o professor: Através do modelo atômico de Thomson é possível explicar a movimentação dos elétrons através da dinamicidade apresentada no modelo. Essa questão busca analisar se os alunos conseguem perceber essa dinamicidade e se, eles conseguem raciocinar a partir desse modelo sobre o fenômeno observado. Questionamentos do tipo “O modelo atômico de Thomson propõe a existência de cargas? (para instigá-los a pensar que são essas ‘cargas’ que se movimentam durante a eletrização)” “Como essas cargas estão arranjadas nesse modelo?” “Elas podem se movimentar?”.

4. Agora vocês precisam escolher entre a comparação que vocês criaram para o modelo atômico de Thomson e esta comparação do “pudim de passas” comumente apresentada nos livros didáticos. Dentre essas duas comparações, qual delas consegue explicar melhor o que esta ocorrendo no experimento?

Instrução para o professor: Nessa questão, os alunos precisam decidir a partir da interação com o grupo o análogo que, para eles, poderá esclarecer o que esta ocorrendo no experimento. É importante que o professor não interfira nas decisões deles e, os questionamentos podem ser feitos no sentido de compreender o motivo da escolha.

a. Como a comparação que você escolheu consegue explicar melhor o fenômeno do experimento?

Instrução para o professor: Esse momento é oportuno para verificar quais foram os fundamentos das escolhas dos alunos. Questionamentos do tipo “essa comparação que você escolheu consegue explicar a movimentação dos elétrons?” podem ser feitos.

b. Por que a comparação que você não escolheu não é capaz de explicar o fenômeno?

Instrução para o professor: O intuito dessa questão é conhecer em detalhes a justificativa da escolha dos alunos.

EVENTO 7- FECHAMENTO DA PROPOSTA

Inicialmente o professor deve socializar a escolha da analogia feita por cada grupo para toda a turma e discutir o motivo da opção feita pelos alunos. É interessante que professor nesse momento esclareça as ideias do modelo proposto por Thomson, especialmente, da dinamicidade característica desse modelo.

Posteriormente, o professor deve esclarecer que há situações que também não podem ser explicadas através do modelo atômico de Thomson, assim, como aquela situação que não pôde ser interpretada somente a partir do modelo atômico de Dalton. Deve ressaltar que as teorias científicas, em geral, não são capazes de resolver todas as questões a elas relacionadas de imediato, e estão sujeitas a reelaborações ao longo do tempo. Os estudantes frequentemente não compreendem que não existe um modelo ideal que explique a complexidade do átomo, e que os modelos atômicos são criações humanas com um objetivo comum: o de explicar o comportamento da matéria.

O foco do discurso do professor para fechar esta proposta deve ser o de discutir sobre o desenvolvimento do conhecimento científico. Ressaltando aspectos como: a ‘ciência como uma atividade humana’ e ‘o caráter provisório da ciência’. Ademais, é importante esclarecer que os modelos atômicos representam uma etapa essencial para o diálogo entre os níveis macroscópico e submicroscópico do conhecimento químico. Ressaltando a importância dos modelos, como exposto no item 3 dessa Unidade Didática. A fim de contrapor com visões simplistas da ciência de que os modelos são elaborados exclusivamente a partir de processos de raciocínio indutivo e dedutivo.

