

UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

TATIANA COSTA RAMOS

**ANÁLISE DA ANALOGIA DO “PUDIM DE PASSAS” E DO
MODELO “ENSINANDO COM ANALOGIAS” NO CONTEXTO DO
ENSINO DE QUÍMICA**

OURO PRETO, 2014

Tatiana Costa Ramos

**ANÁLISE DA ANALOGIA DO “PUDIM DE PASSAS” E DO
MODELO “ENSINANDO COM ANALOGIAS” NO CONTEXTO DO
ENSINO DE QUÍMICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Química Licenciatura da
Universidade Federal de Ouro Preto, como
requisito final para aprovação na disciplina de
Estágio Supervisionado IV

Orientadora: Nilmara Braga Mozzer

Ouro Preto

2014

Tatiana Costa Ramos

**ANÁLISE DA ANALOGIA DO “PUDIM DE PASSAS” E DO MODELO
“ENSINANDO COM ANALOGIAS” NO CONTEXTO DO ENSINO DE
QUÍMICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Química Licenciatura da
Universidade Federal de Ouro Preto, como
requisito final para aprovação na disciplina de
Estágio Supervisionado IV

Prof^a. Dr^a. Nilmara Braga Mozzer (Orientadora)-UFOP

Prof^a. Dr^a. Sheila Alves de Almeida - UFOP

Prof^a. Stefannie De Sá Ibraim-UFOP

Ouro Preto, 16 de julho, de 2014

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades.

A meus pais pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

A minha professora orientadora Nilmara Mozzer, pelo carinho e empenho dedicado à elaboração deste trabalho, e, além disso, por ter se tornado uma amiga.

A todos os professores pelo conhecimento proporcionado, em especial, à professora Paula Mendonça, pelo apoio e incentivo.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

RESUMO

Neste trabalho aplicamos o modelo denominado “Ensinando com Analogias” (do inglês, *Teaching with analogies* - TWA), proposto pelo autor Glynn (1991), com o objetivo de fornecer diretrizes para a utilização de analogias no ensino. Para realização desta aplicação nos inserimos no contexto de ensino de alunos do ensino médio de uma escola pública de Mariana em que a pesquisadora atuou como professora da turma. A partir dessa pesquisa, nos propusemos neste Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) a realizar uma análise da analogia entre o “pudim de passas” e o modelo atômico de Thomson através do modelo TWA e destacar os pontos fortes e possíveis falhas deste modelo naquele contexto. Na coleta de dados que realizamos, foram empregados questionários antes e após a aplicação do TWA em sala de aula. As aulas foram registradas em áudio e em vídeo. A intervenção e os questionários foram realizados na mesma turma. Como se tratava de uma turma do segundo ano do ensino médio, os alunos já haviam estudado o tema e a analogia no ano anterior. Isso tornou possível a análise da compreensão da analogia e do modelo atômico de Thomson, antes e depois do TWA. Para a análise dos questionários foram criadas categorias com a intenção de agrupar ideias similares. A análise da intervenção também foi uma situação oportuna para explorar as ideias dos alunos. Através da conjugação dessas informações (dos momentos da aula e dos questionários) ficou clara a dificuldade dos alunos em lidar com a abstração do tema. Constatamos que através do modelo TWA os alunos apresentaram uma melhor compreensão das relações entre o análogo do “pudim de passas” e o modelo atômico de Thomson. Discutimos as limitações desta analogia como um modelo de ensino. Além disso, concluímos que as ideias gerais contidas nas diretrizes do TWA são relevantes para se trabalhar com analogias no ensino, mas que se trata de um modelo limitado por não se fundamentar na elaboração de analogias pelos próprios alunos.

Palavras chave: Analogias, Teaching with Analogies, analogia do “pudim de passas”.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Contextualização.....	1
1.2 Dificuldades no processo de ensino e aprendizagem de Química	1
1.3 Dificuldades dos alunos em aprender modelos atômicos.....	3
1.4 Modelos e Modelos de Ensino.....	4
1.5 Analogia	5
1.6 O modelo atômico de Thomson e sua transposição para o ensino: a analogia do “pudim de passas”	7
1.7 A analogia do “pudim de passas”: geradora de obstáculos epistemológicos ou modelo de ensino?.....	11
1.8 O modelo “Ensinando com Analogias” (<i>Teaching with Analogies</i> - TWA)	13
2. OBJETIVO	15
3. METODOLOGIA.....	16
3.1 Caracterização da amostra.....	16
3.2 Instrumentos de coleta de dados	16
3.2.1 Questionário inicial e final.....	16
3.2.2 Descrição da aula “Ensinando com Analogias”	17
3.3 Ferramentas para análise dos dados	18
4. RESULTADOS:.....	20
4.1 Questionário inicial	20
4.2 Aula “ensinando com analogias”	25
4.3 Questionário final	28
5. ANÁLISE DOS RESULTADOS	34
5.1 Análise do questionário inicial	34
5.2 Análise do questionário final	36

5.3 Análise da aula “Ensinando com Analogias”	38
5.4 Análise do TWA (Teaching with analogies).....	40
6. CONCLUSÃO.....	42
7. IMPLICAÇÕES.....	46
ANEXOS.....	48
Anexo 1. Questionário inicial	48
Anexo 2. Questionário final	50
Anexo 3. Planejamento da aula “Ensinando com Analogias”	51
Anexo 4. Imagem do “ <i>plum pudding</i> ” (Figura 10)	56
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57

1. INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

Ao longo da minha formação, desenvolvi especial interesse pela temática “modelos, modelagem e analogias” desenvolvida, principalmente nas aulas de prática de ensino. Por intermédio de uma das professoras que ministraram essa disciplina na Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), Paula Mendonça, tive a oportunidade de conhecer a professora Nilmara Mozzer, também professora nessa instituição e que, como a professora Paula, trabalha com a temática. Naquela ocasião, convidei a professora Nilmara para ser minha orientadora neste Trabalho de Conclusão de Curso (TCC).

Começamos a trocar e-mails. Nestes demonstrei meu interesse em conhecer seus trabalhos e expus minha vontade de trabalhar com modelagem. Para me inteirar sobre seu trabalho, ela enviou-me diferentes artigos, mas também se demonstrou aberta a trabalhar com modelagem.

A leitura dos artigos sobre analogia e as discussões que tivemos a respeito deles despertou meu interesse por este tema em específico e fez emergir a ideia de trabalharmos com uma análise crítica da proposta do autor Glynn: o modelo “ensinando com analogias”, denominado TWA (*Teaching with analogies*). A base deste modelo é constituída por seis operações para auxiliar o professor na utilização de uma analogia no contexto de ensino. Essas operações, bem como, maiores detalhes sobre a proposta do autor serão discutidas neste trabalho.

Tendo em vista esse contexto, desenvolvi, com base no modelo TWA atividades para o desenvolvimento da analogia entre o “pudim de passas” e o modelo atômico de Thomson, muito comum em livros didáticos e na abordagem da temática modelo atômico em salas de aula de química.

1.2 Dificuldades no processo de ensino e aprendizagem de Química

A Química é uma ciência que apresenta dificuldade em seu processo de ensino e aprendizagem. Isto pode acontecer devido ao envolvimento de conceitos abstratos e de difícil compreensão nesse processo.

Na pesquisa realizada por Damasceno, Brito e Wartha (2008), por exemplo, alunos iniciantes e concluintes do curso de Química de uma universidade pública do Brasil, apresentaram dificuldades em representar fenômenos submicroscópicos. Ainda que, eles

compreendessem o fenômeno, apresentavam certa tendência em fazer representações mistas envolvendo o submicro e o macro. Esta compreensão submicroscópica e simbólica pode demonstrar-se especialmente difícil para compreensão dos alunos devido à sua invisibilidade e abstração.

Outro entrave no processo de ensino e aprendizagem pode ser atribuído à abordagem de ensino que favorece a memorização passiva, esquecendo-se das interações e discussões, a qual pode ser incapaz de produzir uma visão adequada da ciência e do conhecimento científico (MAMMINO, 2008, apud QUEIROZ, 2009, p. 6).

A tendência em atribuir características antropomórficas às entidades químicas, através de expressões do tipo “o átomo queria ganhar elétrons” e “o átomo estava feliz”, pode ser considerado outro fator que interfere no processo de ensino e aprendizagem. Estas expressões, muitas vezes, são utilizadas com o intuito de facilitar o aprendizado, porém, os professores precisam ter muita atenção e cuidado com a maneira com que dão suporte aos alunos. Isso porque, uma interpretação imprópria delas pode causar representações inapropriadas e levar a compreensões inadequadas, gerando o que Bachelard (1947, apud LOPES, 1992, p. 256) denominou obstáculos epistemológicos animistas.

Segundo Gabel (1999, apud QUEIROZ, 2009, p. 10), a linguagem também pode construir para barreiras no ensino. Expressões utilizadas no dia a dia, quando utilizadas no contexto de ensino, muitas vezes podem gerar concepções alternativas¹ sobre conceitos químicos. Pode-se atribuir a este impasse da linguagem o fato destas expressões do cotidiano possuírem significados diferentes daqueles utilizados na Química. Como exemplo, o autor cita “o café está forte” em vez de “o café está concentrado”. Ele defende que o problema do ensino e da aprendizagem não está apenas na complexidade da Química, podendo, algumas vezes, ser resolvido definindo-se cuidadosamente os termos e selecionando o vocabulário apropriado.

Segundo Mortimer (1996), mesmo diante de várias abordagens e visões sobre o processo de ensino e aprendizagem, há pelo menos duas de suas características principais que parecem se assemelham, sendo elas:

A aprendizagem se dá através do ativo envolvimento do aprendiz na construção do conhecimento e as ideias prévias dos estudantes desempenham um papel importante no processo de aprendizagem. (MORTIMER, 1996, p. 22).

Nesse sentido, as dificuldades dos alunos podem muitas vezes estar ligadas diretamente à visão distorcida da construção do conhecimento científico. Pois, em geral, os

¹ Concepções pessoais que apresentem incoerência científica.

alunos desconhecem a natureza do trabalho científico tanto quanto desconhecem o papel das representações que os cientistas difundem (KOSMINSKY; GIORDAN, 2002). Isto acaba por refletir numa familiaridade inadequada com a ciência e suas abordagens gerando entraves no processo de aprendizagem. Na seção a seguir discutiremos sobre um tema que pode gerar dificuldades pelo desconhecimento dos alunos sobre a natureza do trabalho científico: os modelos atômicos.

1.3 Dificuldades dos alunos em aprender modelos atômicos

Levando-se em conta a necessidade de compreensão da construção da ciência, tendo em vista a sua constante evolução, Neto e Melo (2013) ressaltam que uma das razões para a concepção inadequada dos alunos sobre modelo atômico pode estar diretamente relacionada com o fato de o processo de construção do conhecimento científico ser ignorado. Os alunos concebem o átomo como uma criação científica, e 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.

Segundo Neto e Melo (2013), a forma como é abordado o conceito de modelo atômico nos livros didáticos pode ser considerada outra razão para que os alunos reproduzam concepções inadequadas sobre o átomo. Os livros tradicionais geralmente não estabelecem relações explícitas entre o modelo proposto e o fenômeno investigado. Isto pode acabar por prejudicar o aluno no reconhecimento das relações entre um modelo conceitual e abstrato e o fenômeno macroscópico, estabelecidas para a compreensão deste.

Ainda no trabalho de Neto e Melo (2013) é apresentado um texto, para descrição de uma figura, retirada de um livro que identifica claramente outro motivo para que os alunos possam gerar ideias errôneas a respeito do átomo. O texto apresentado naquele trabalho é o seguinte: “Considera-se que acima *são vistos*, pelo microscópio de tunelamento, átomos de iodo retidos sobre platina.” (PERUZZO; CANTO, 1998, p. 77). É importante ressaltar que a figura que apresentava esta legenda era consequência da representação gráfica feita por um programa computacional. Ao contrário disso, a legenda tende a induzir no leitor a ideia de que a figura é uma “fotografia do átomo”.

Mortimer (1995) também discute em seu trabalho concepções relacionadas à temática e suas consequências na elaboração de conhecimentos pelos alunos. Ele chama atenção para a concepção “atomismo substancialista”, com base na qual propriedades macroscópicas das

substâncias (como dilatar e mudar de estado) são transferidas aos átomos e moléculas. Neste sentido, o autor ressalta que, embora os alunos possam, algumas vezes, entender o modelo atômico científico, eles têm dificuldade de aceitá-lo por contrariar suas ideias intuitivas de átomos como pequenos grãos de matéria que podem se dilatar, contrair-se, mudar de estado etc.

Em razão do fato de os alunos fazerem uso de seus modelos alternativos quando, por exemplo, propõem explicações para certos fenômenos, Mortimer (1995) aponta a necessidade de se discutir esses modelos alternativos dos alunos na sala de aula. Segundo ele, uma alternativa é o professor socializar os modelos propostos pelos alunos a fim de estabelecer um consenso do melhor modelo para explicar o fenômeno, com intuito de discutir as limitações dos modelos alternativos.

Em síntese, as discussões estabelecidas nesta seção nos remetem aos principais obstáculos ao ensino e aprendizagem de modelos e, em particular, dos modelos atômicos: desconhecimento do processo de construção do conhecimento científico; desconhecimento das relações que o modelo estabelece com o fenômeno ou entidade que ele representa; e atribuições de propriedades e comportamentos observados no nível macroscópico ao nível submicroscópico.

Alguns desses entraves advém do próprio significado que o termo modelo assume no cotidiano e que difere grandemente daquele utilizado no âmbito da ciência. Dada a importância de tal significação, na seção seguinte colocamos nosso foco nessas distinções, incluindo entre elas a definição de um modelo de ensino.

1.4 Modelos e Modelos de Ensino

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; BOULTER; ELMER, 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).

Ainda considerando o contexto das salas de aula de Ciências, um modelo curricular, mesmo se tratando de uma representação simplificada, ainda pode conter aspectos de difícil compreensão para os alunos. No intuito ajudar os alunos no entendimento de tais aspectos são criados chamados *modelos de ensino* (JUSTI, 2010). Assim, segundo a autora, um modelo de ensino trará para o contexto de ensino um objeto, um recurso ou uma situação a fim de facilitar a visualização do objeto, sistema, fenômeno ou processo representado, fornecendo suporte para que os alunos possam elaborar modelos mentais aceitáveis.

Entre os modelos de ensino mais utilizados no Ensino de Química, Justi (2010) destaca a analogia, ressaltando a importância do raciocínio analógico nos processos cognitivos envolvidos na aprendizagem. Desta maneira, na seção seguinte iremos discutir sobre este modelo de ensino.

1.5 Analogia

O processo de relacionar conceitos através das analogias pode ser considerado um componente básico do pensamento humano. Uma vez que, a maioria dos conceitos da Química são de natureza abstrata e de difícil compreensão pelos alunos, as analogias mostram-se importantes no contexto de ensino desta área. Isso porque, o raciocínio analógico favorece a atribuições de significados aos fenômenos científicos através do estabelecimento de relações entre aquilo que o aluno já sabe e o conhecimento científico (MOZZER; JUSTI, 2012).

Nesse contexto, as analogias podem ser utilizadas como ferramentas no ensino de Ciências, ou seja, como modelos de ensino, pois elas agem no sentido de ajudar os alunos a construir representações coerentes dos conceitos científicos através da comparação entre o que lhes é familiar (situação ou conceito conhecido) e o que é novo para eles (conceito desconhecido ou pouco familiar). Glynn (1995) denomina a situação familiar de *domínio análogo* e o conceito a ser ensinado de *domínio alvo*.

Ao serem utilizadas como modelos de ensino, as analogias deverão servir como pontes conceituais para os alunos. Dessa forma, práticas baseadas na utilização de analogias poderão

provocar processos de aprendizagem segundo os princípios da teoria construtivista, pois ao favorecerem a ponte conceitual entre o novo e o familiar, as analogias podem levar o aluno a reestabelecer suas ideias e, em certos casos, construir um novo conceito ou acrescentar novas ideias àquelas já formadas (DUIT; TREAGUST, 2003).

Apesar da importância desses recursos didáticos, 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 distingui-la dos demais tipos de comparações. Quando os aspectos comparados se restringem às características similares superficiais dos objetos (tais como cor, tamanho, forma), mas não há comparações entre suas relações, trata-se de uma similaridade de *mera aparência*; caso a similaridade seja de características superficiais e de relações entre os objetos trata-se de uma *similaridade literal*; e se a semelhança for quase que exclusivamente de relações, trata-se, assim, de uma analogia (GENTNER, 1983,1989, apud JUSTI; MOZZER, 2013).

No caso da aprendizagem em Química que, como comentado na seção 1.2 desse trabalho, envolve temas de difícil compreensão - como estrutura atômica e ligação química, considerados conceitualmente difíceis pelos alunos -, o uso de analogias se mostra relevante. Interessantemente, estes são os mesmos temas para os quais os cientistas fazem uso de analogias com o objetivo de ajudá-los a entender os conceitos e a expressar suas ideias (COLL, 2006, apud JUSTI; MOZZER, 2010).

Apesar dessa relevância das analogias na ensino de Ciências, elas não têm sido utilizadas de maneira adequada, como evidenciam alguns trabalhos da área de Educação. Por exemplo, em uma pesquisa feita por Mozzer e Justi (2013) com professores de Química com intuito de inseri-los num processo de elaboração de analogias foi observado que os próprios professores apresentavam concepções inadequadas sobre conceitos Químicos as quais podem gerar concepções alternativas nos alunos ou interpretações inadequadas do tema, no processo de ensino e aprendizagem. Pôde ser evidenciado ainda que estes professores, algumas vezes, ignoram particularidades no uso e função das analogias naquele processo e até o seu significado.

O autor Glynn (1989), por sua vez, ressaltou os fracassos que o uso de analogia de forma desordenada pode gerar no ensino. O fato de o aluno receber uma analogia pronta e acabada pode acarretar na dificuldade de aceitação desta, bem como no fato de as analogias estarem fora do contexto sociocultural dos alunos, o que pode gerar dificuldades na compreensão da mesma.

Além desses problemas, Souza, Justi e Ferreira (2006) ressaltam que, nos casos em que uma analogia tiver o alvo especialmente parecido com o análogo podem ocorrer

generalizações e raciocínios equivocados quando não houver um devido direcionamento entre as relações e as limitações da analogia. 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. Outro perigo comum ao se utilizar uma analogia, consequência dessa ênfase nos aspectos não comparáveis, é o estabelecimento de relações analógicas incorretas pelos estudantes (MONTEIRO; JUSTI, 2000).

Por todos esses motivos apontados na literatura, a utilização de uma analogia no ensino de ciências não pode se limitar a seu uso espontâneo, natural e indiscriminado deixando que, por exemplo, o aluno identifique as semelhanças e as limitações contidas na comparação sem qualquer auxílio. Surge daí, a necessidade de orientação pelo professor quando se utiliza uma analogia no contexto de ensino; assunto que será tratado em mais detalhes na seção 1.8 dessa introdução.

Dada a relevância das analogias como modelos de ensino, sua utilização nas salas de aula de Química é uma constante. Os livros didáticos também trazem frequentemente analogias em seu conteúdo. Seus autores, porém, em geral, não exploram essas ferramentas de ensino de maneira adequada. Tal fato parece evidenciar que eles desconhecem o potencial destas como modelos de ensino e aprendizagem de uma ciência tão abstrata como a Química (MONTEIRO; JUSTI, 2000). Entre as analogias comumente apresentadas nos livros didáticos, temos a analogia entre o modelo atômico de Thomson (alvo) e o “pudim de passas” (análogo) discutida a seguir.

1.6 O modelo atômico de Thomson e sua transposição para o ensino: a analogia do “pudim de passas”

De acordo com Bortolloto e Chirentin (2009), para se apropriar do conhecimento científico, se faz necessário dar maior significado aos mesmos. Neste sentido, um maior conhecimento sobre a história do desenvolvimento do modelo atômico de Thomson pode auxiliar o professor na introdução desse conceito, na utilização e na proposição de modelos de ensino. Visando contribuir nesse sentido, um breve resumo é apresentado aqui.

Antes mesmo do primeiro modelo científico proposto por Dalton, os pensadores gregos já falavam em átomo: Demócrito (c.²470 - c.380 a.C.) e Leucipo (c.460 - c.370 a.C.) consideravam que toda a matéria do Universo era formada por átomos, termo que significa

² Abreviatura da palavra *circa*, de origem latina, usada em datação que significa "aproximadamente", "por volta de".

“indivisível” em grego. John Dalton, no entanto, foi o primeiro a aplicar satisfatoriamente as ideias atomistas às reações químicas (FARIAS, 2008).

Muito interessado pelas leis das combinações químicas e pelas teorias atômicas da matéria e, principalmente, pelas ideias de Dalton, o cientista inglês Joseph John Thomson foi considerado, no final do século XIX, uma das figuras mais importantes no desenvolvimento dessas teorias. Inicialmente, as ideias 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.

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. 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 corpúsculos³ 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

³ Aquilo que Thomson chamou de corpúsculo, corresponde ao que, atualmente, conhecemos como elétrons.

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”. 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, encomendado pela empresa Merck a um repórter anônimo (GIORA; GOLDSTEIN, 2013).

Thomson realizou uma série de palestras sobre a questão: “O que é a matéria?” e, naquela época, sua teoria parecia ser a que melhor auxiliava na compreensão da constituição da matéria, daí o interesse da empresa Merck. As palestras de Thomson foram realizadas e as notas sobre elas foram sendo publicadas em um diário prático.

Segundo Giora e Goldstein (2013), em uma dessas notas, encontra-se a primeira ocorrência da expressão “pudim de ameixa” para explicar a teoria de Thomson. No relato do repórter anônimo da Merck sobre as palestras de J. J. Thomson, estava escrito: “um átomo consistiria, portanto, de minúsculas manchas, os corpúsculos negativos, nadando sobre uma esfera de eletrificação positiva, como passas em um parcimonioso pudim de ameixa.” (GIORA; GOLDSTEIN; 2013, p.131).

O pudim de ameixa é uma sobremesa de origem inglesa tradicionalmente servida no Natal, contém, na verdade, passas em lugar de ameixas. Para Goldstein (2013), o repórter anônimo que estabeleceu a comparação entre o pudim de ameixa e o modelo atômico de Thomson tinha clareza sobre esses aspectos do pudim, pois o descreveu corretamente. Porém, a correspondência entre as passas e os elétrons que ele estabeleceu não se encontra de acordo com a dinamicidade proposta por Thomson em seu modelo. Para Thomson, os elétrons

giravam em anéis sobre o centro do átomo e não se encontram como passas “nadando sobre o pudim”.

Apesar de toda essa problemática, a analogia com o “pudim de passas” foi popularizada como um modelo de ensino para explicação do átomo de Thomson, no qual o análogo é o “pudim de passas” de origem inglesa ou “*plum pudding*” (ver foto no anexo X) e o alvo, o modelo atômico de Thomson. Tal modelo de ensino objetiva que o aluno (ou qualquer indivíduo que raciocine analogicamente por meio dele) seja capaz de compreender as seguintes relações:

- as passas estão dispersas por toda extensão do pudim assim como os elétrons estão dispersos por toda extensão do átomo⁴;
- a massa do pudim encontra-se distribuída de maneira uniforme assim como há uma distribuição uniforme da parte positiva do átomo.

Logo, a intenção é que a partir dessas relações, aspectos como a distribuição de elétrons por toda massa positiva do átomo, bem como, a inexistência de uma “capa protetora” ao redor deste sejam esclarecidos para que o modelo de Thomson possa se tornar mais compreensível ao aluno.

Embora acreditemos que o poder explicativo dessa analogia, baseado na relação única de homogeneidade na distribuição de cargas e massa positiva, seja limitado, a forma como ela vem sendo abordada no contexto de ensino pode estar, ao contrário, dificultando ainda mais a compreensão do domínio alvo.

Pesquisas como a de Monteiro e Justi (2000) que analisaram as analogias presentes em livros didáticos de Química evidenciam esse problema. Em um dos livros analisados a apresentação da analogia do “pudim de passas” através de um desenho continha a seguinte legenda:

Thomson sugeriu que a massa total do átomo seria devida quase que totalmente apenas às cargas positivas (prótons). Estas estariam espalhadas, uniformemente, por toda uma esfera, formando uma massa compacta e uniforme. **Na superfície dessa massa estariam aderidos os elétrons**, espaçados de modo uniforme. Esse modelo seria semelhante a um pudim **coberto** com passas, como acabou ficando conhecido, em que o pudim seria a massa de cargas positivas e as passas os elétrons. (MONTEIRO; JUSTI, 2000, p.9, grifo das autoras).

Existem diversas inconsistências neste trecho. Inicialmente, o autor se refere a “prótons”, mas a existência destas partículas ainda não havia sido proposta na época do

⁴ Ao se fazer um corte imaginário na extensão do átomo, os elétrons estariam dispersos homogeneamente como as passas estariam no pudim, caso este fosse partido.

modelo atômico de Thomson. Isso pode por gerar no aluno confusão entre os modelos de Thomson e de Rutherford (o qual considerava a existência dos prótons), devido à essa apresentação de um modelo híbrido⁵ pelo autor (JUSTI; GILBERT, 2000).

Além disso, o fato de o autor afirmar que as cargas positivas estariam dispersas uniformemente por toda a massa e que na *superfície* estariam os elétrons pode induzir o aluno a pensar que os elétrons estão dispostos somente na superfície. Esta ideia é reforçada quando o autor estabelece a relação entre o “pudim coberto com passas” e a distribuição dos elétrons. Observa-se ainda que o autor transfere características do análogo para o alvo quando afirma que “o pudim *seria* a massa de cargas positivas e as passas [*seriam*] os elétrons”.

Tudo isso pode levar os alunos a estabelecerem relações incorretas entre o análogo e o alvo e, conseqüentemente, gerarem concepções inadequadas sobre o modelo atômico de Thomson. Quando isso acontece, a analogia perde seu propósito principal como modelo de ensino, ou seja, o de facilitar aos alunos a compreensão dos conceitos científicos através da comparação entre o que lhes é familiar e o que é novo para eles.

1.7 A analogia do “pudim de passas”: geradora de obstáculos epistemológicos ou modelo de ensino?

A apresentação das analogias ou de qualquer outro tipo de comparação no ensino de Ciências requer cuidados como aqueles apontados no item 1.5 desta introdução. Além deles, existe a necessidade de se identificar as limitações existentes na analogia, já que, nunca existirá uma equivalência perfeita entre o análogo e o alvo (DUIT, 1991). Outro aspecto importante é a devida apresentação de uma analogia para que ela não seja considerada um exemplo do alvo estudado (GLYNN, 1991), acarretando em possíveis erros conceituais. Quando isso não é realizado ou não é dada a devida importância a tais aspectos, as comparações e, de maneira geral, a linguagem metafórica utilizada em situações de ensino podem contribuir grandemente para realçar obstáculos epistemológicos.

Bachelard (1947, apud LOPES, 1991, pag. 255) denominou de obstáculos epistemológicos os entraves que causam dificuldade no desenvolvimento e construção do conhecimento científico de um modo geral, seja pelo cientista, pelo aluno ou qualquer outro indivíduo. Segundo o autor, estes obstáculos nunca serão definitivamente superados, pois, diante de uma nova situação eles poderão se manifestar, ainda que não sejam os mesmos. Isto

⁵ De acordo com Justi (2000), modelos híbridos são representações curriculares inadequadas, nas quais as características dos vários modelos históricos distintos se fundem e são apresentadas como se formassem um todo coerente.

acontece por serem intrínsecos ao conhecimento, exigindo constante trabalho para superá-los (LOPES, 1993).

Muitas vezes, no intuito de tornar a ciência fácil e acessível, autores fazem uso da linguagem metafórica⁶. No entanto, a maneira como ela é utilizada pode ou não colaborar consideravelmente para multiplicação dos obstáculos epistemológicos. As metáforas realistas, bastante difundidas em livros didáticos (por exemplo, a afirmativa como a de que o carbono possui quatro braços), podem acabar por banalizar os conceitos científicos, afastando o aluno do caráter racional do conhecimento científico (LOPES, 1992). Elas tendem a tornar todo e qualquer conceito visível e palpável para o aluno, resistindo desta forma à abstração inerente aos conhecimentos científicos (LOPES, 1993).

Comparações de mera aparência também poderão ser geradoras de obstáculos epistemológicos já que se baseiam na correspondência de características similares superficiais entre o análogo e o alvo. Já as analogias, são apontadas por alguns pesquisadores do Ensino de Ciências (MOZZER; JUSTI, 2012; DUIT; TREAGUST, 2003) como ferramentas que podem favorecer o processo de abstração na elaboração de representações adequadas do alvo, a partir da compreensão das relações entre os domínios comparados.

Diante dessas ressalvas e apontamentos com relação ao uso de comparações no ensino de Ciências, poderia então a analogia entre o “pudim de passas” e modelo atômico de Thomson, modelo de ensino criado com intuito de que o aluno seja capaz de compreender relações como as apresentadas na seção 1.5, ser geradora de obstáculos epistemológicos?

Em uma pesquisa feita por Munarin e Munarin (2008) os alunos apresentaram confusão de ideias entre os modelos atômicos (proposto por Dalton, Thomson, Bohr e Rutherford). No modelo de Thomson, especificamente, eles demonstraram não possuir familiaridade com análogo, pois, ao serem solicitados a expressar suas ideias sobre o “pudim de passas” a grande maioria representou um pudim com orifício central e passas distribuídas apenas na superfície. Manifestaram dificuldades na abstração do átomo, ou seja, na compreensão dos aspectos submicroscópicos atrelados a esse conhecimento. Alegaram, após questionamentos, ‘nunca terem visto o átomo de perto’, portanto, não poderiam compará-lo a um pudim.

Como discutido na seção 1.6, o análogo proposto para esta analogia seria um pudim de origem inglesa (anexo XX), o qual se difere visivelmente do pudim brasileiro. É importante ressaltar também que, no Brasil, não é comum um “pudim de passas”. Este fato pode contribuir bastante para que o aluno faça relações incorretas entre o análogo e o alvo. Uma

⁶ Neste trabalho, utilizamos o termo linguagem metafórica de maneira genérica para nos referirmos ao diferentes tipos de comparações que podem ser estabelecidas entre dois domínios e não apenas à metáfora.

alternativa encontrada por professores e autores como Glynn (1991) seria trazer algo mais próximo da realidade do aluno e, portanto, mais familiar a ele como, por exemplo, o panetone ou o sorvete de flocos.

Ferreira, Justi e Souza (2006), também apontam em sua pesquisa problemas com o uso dessa analogia no ensino. Entre estes estão que a maioria dos alunos: não reconhece a analogia como tal, confundindo análogo e alvo; não reconhece as principais relações analógicas existentes; e não identificam as limitações pertinentes da analogia.

Deste modo, podemos perceber que alguns bloqueios dos alunos ao se estabelecer a analogia entre o “pudim de passas” e o modelo atômico de Thomson advêm da própria orientação do professor no uso dessa ferramenta de ensino. Isso porque, como apontado, se as principais relações analógicas ou ainda as limitações pertinentes da analogia não forem devidamente trabalhadas, podem realçar possíveis obstáculos epistemológicos nos alunos em lugar de superá-los. Daí, surge à necessidade de diretrizes claras para se trabalhar com as analogias, como propõe o autor Glynn (1995) no modelo “Ensinando com Analogias” apresentado a seguir.

1.8 O modelo “Ensinando com Analogias” (*Teaching with Analogies - TWA*)

Tendo em vista que o uso indiscriminado de analogias pode levar a erros conceituais e, dada a importância do uso destas, principalmente em um ensino que envolve conceitos abstratos e de difícil compreensão como o de Ciências, surge então, a necessidade orientações quanto ao uso dessas ferramentas nesse contexto.

Glynn (1991) ressalta que uma das possíveis razões pelas quais as analogias não sejam apresentadas, ou não seja dada a devida importância a elas no ensino pode ser o fato de ‘não se saber fazê-lo’.

O papel importante que a imagem visual, algumas vezes trazida pela analogia, pode desempenhar no processo de aprendizagem muitas vezes é ignorado pelo fato de não se conseguir mapear⁷ *explicitamente* as relações entre o alvo e o análogo (GLYNN, 1991). Analogias sem este mapeamento são muitas vezes limitadas a afirmações simples, como “a célula é como uma fábrica”. Estas afirmações não fornecem instruções suficientes para que os alunos possam compreender as relações existentes (GLYNN, 2007).

Baseado em uma pesquisa com quarenta e três livros e na análise das analogias apresentadas nestes, bem como, na observação de alguns professores ao fazerem uso de analogias em sala de aula, Glynn (1991) propõe diretrizes para se trabalhar com uma analogia.

⁷ O processo de correspondência de características entre o análogo e alvo é chamado mapeamento (GLYNN,2007).

O modelo proposto foi denominado “Ensinando com Analogias” (*Teaching with Analogies – TWA*). A base do modelo TWA é constituída por seis operações para guiar o uso de uma analogia pelo professor no ensino. São elas:

1. Introduzir o conceito alvo
2. Rever o conceito análogo
3. Identificar as características relevantes do alvo e análogo
4. Mapear as semelhanças
5. Identificar onde analogia tem limitações
6. Tirar conclusões

De acordo com Glynn (1995), a ordem poderá ser alterada, porém, se alguma dessas etapas for ignorada, o aluno poderá não compreender o conceito a ser ensinado.

O modelo TWA é apresentado como um guia que pode tornar a alternativa de se utilizar analogias no contexto de ensino de Ciências mais plausível, uma vez que esse modelo se propõe a dar suporte ao professor a fim de superar os possíveis problemas do uso espontâneo de uma analogia. Esse instrumento foi avaliado por Harrison e Treagust (1993) a partir da implementação de atividades do domínio da Física (Óptica) e a principal críticas desses autores foi o fato de que, em situações reais de sala de aula, os professores com frequência se esquecem de realizar uma ou mais das operações propostas no modelo de Glynn. Algo compreensível, diante da dinamicidade dessas situações. Apesar dessa crítica, os autores são consonantes com Glynn de que a familiaridade com o análogo, aliada à explicitação do mapeamento das relações e das limitações da analogia são elementos essenciais para compreensão do alvo.

Considerando-se que, para fundamentar uma análise da eficiência de um instrumento destinado ao ensino de Ciências, pesquisas em diferentes domínios necessitam ser realizadas com base no mesmo, neste TCC nos propomos a analisar atividades baseadas no TWA, no domínio da Química.

2. OBJETIVO

Como discutido na introdução deste trabalho, uma analogia pode perder seu papel de modelo de ensino dependendo da maneira como é apresentada, seja pelo professor ou livro didático. Nesse sentido, o uso de um modelo como o TWA de Glynn (1991) pode fornecer suporte para que sejam superados os possíveis problemas do uso espontâneo de uma analogia. Mas, como todo instrumento, necessita ter suas potencialidades e fraquezas analisadas. Dessa forma, este TCC foi proposto com os seguintes objetivos:

- Diagnosticar as ideias prévias dos alunos sobre o modelo atômico de Thomson e a analogia entre ele e o “pudim de passas”.
- Analisar como os alunos compreendem a analogia entre o “pudim de passas” e o modelo atômico de Thomson através do modelo TWA.
- Avaliar as potencialidades e fraquezas do modelo TWA a partir dos resultados obtidos nas atividades propostas.

3. METODOLOGIA

Nesta seção, caracterizamos a amostra de alunos participantes da pesquisa e descrevemos o processo de elaboração e aplicação dos instrumentos de coleta de dados (os questionários inicial e final), a aula “Ensinando com Analogias” ministrada pela autora deste trabalho e as ferramentas utilizadas para análise destes.

3.1 Caracterização da amostra

A coleta de dados ocorreu numa turma do segundo ano do Ensino Médio de uma escola da rede pública da cidade de Mariana. A turma era composta por trinta e oito alunos, mas, segundo a professora regente, somente cerca de trinta deles compareciam frequentemente às aulas. A faixa etária desses alunos variava entre quinze e dezoito anos.

A turma foi caracterizada pela professora responsável como difícil, com uma maioria de alunos desinteressados e indisciplinados. Segundo a professora, essa turma foi formada pelos alunos que tiveram algum fracasso escolar (repetiram séries anteriores) em anos anteriores. Eram alunos de classe baixa e muitos deles já haviam repetido pelo menos um ano na escola.

Em observação aos princípios da ética na pesquisa, antes da realização desta foi passado aos alunos um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), com intuito de informar e esclarecê-los sobre a pesquisa, para que eles pudessem decidir sobre sua participação nela. Este termo foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Ouro Preto. Além disso, para preservação da identidade dos alunos utilizamos códigos compostos pela letra “A” e por números naturais consecutivos (‘A1’, ‘A2’...) e nomes fictícios, quando necessário.

3.2 Instrumentos de coleta de dados

3.2.1 Questionário inicial e final

O questionário inicial (ver anexo 1) é constituído de quatro questões, elaboradas no intuito de sondar as ideias iniciais dos alunos sobre o modelo atômico de Thomson e o seu entendimento da analogia entre o modelo de Thomson e o “pudim de passas”. As perguntas do questionário foram elaboradas buscando-se clareza e objetividade nas solicitações destinadas aos alunos, contidas nos enunciados.

Na semana anterior à aplicação do questionário inicial, a pesquisadora observou uma aula da professora regente na turma. Isto aconteceu com intuito de aumentar a familiaridade

da turma com a pesquisadora e para que ela pudesse observá-los no contexto regular de suas aulas de Química.

A aplicação do questionário inicial foi o primeiro momento de interação propriamente dita da pesquisadora com a turma do segundo ano do Ensino Médio. Na data de aplicação estavam presentes vinte e seis alunos e a professora regente da turma. Os alunos haviam estudado sobre o tema na série anterior e não tinham sido previamente avisados sobre a aplicação. O questionário foi aplicado nos trinta minutos iniciais da aula e a professora regente aplicou um teste nos vinte minutos finais.

O questionário final (ver anexo 3) é constituído de três questões que foram elaboradas com a intenção de explorar as ideias dos alunos após a aula “Ensinando com Analogias” sobre a analogia e sua capacidade de generalizar os conhecimentos sobre o modelo atômico de Thomson na explicação de um fenômeno elétrico, com ou sem o auxílio da analogia discutida. O questionário final foi aplicado três semanas após a aula “Ensinando com Analogias” ter sido ministrada. Isso aconteceu para evitar que respostas irrefletidas fossem fornecidas pelos alunos apenas por retenção de informações declarativas na memória. Na data de aplicação deste questionário, estavam presentes trinta e um alunos. A professora regente da turma não se encontrava na escola no dia previsto para aplicação. Portanto, com autorização da diretora da escola, a pesquisadora aplicou o questionário final.

Os alunos estavam bastante agitados, talvez pela ausência da professora regente. A pesquisadora utilizou os cinquenta minutos da aula para aplicação do instrumento de coleta e interagiu com os alunos sempre que estes solicitavam algum esclarecimento ou queriam discutir suas ideias.

3.2.2 Descrição da aula “Ensinando com Analogias”

A aula “Ensinando com Analogias” foi o segundo momento de interação da pesquisadora com a turma. Além da pesquisadora, estavam presentes na aula, a orientadora deste TCC, dois de seus alunos, estagiários do curso de Química Licenciatura da UFOP (os quais, regularmente, observavam as aulas de Química na escola) e a professora regente da turma.

A professora orientadora realizou a filmagem da aula. Esta também foi registrada através de um gravador de áudio para garantir a audibilidade das falas. A pedido da orientadora, os estagiários nos cederam suas anotações de campo, as quais nos auxiliaram na descrição e análise da aula.

Havia trinta e quatro alunos presentes e a sala de aula era estreita e abafada. Segundo a professora da turma, os alunos eram “difíceis” e bastante indisciplinados. O início da aula foi

agitado, evidenciado pelo comentário de um dos estagiários presentes em seu diário de campo: *“o processo inicial de acomodação dos alunos durou cerca de dez minutos”*.

O planejamento da aula (ver anexo 2) foi guiado pela ferramenta desenvolvida por Mortimer e Scott (2002) para análise discursiva e planejamento das aulas de Ciências. No plano de aula a pesquisadora destacou vários momentos de interação com a turma, porém, inicialmente, eles não ocorreram como planejado. Isso foi destacado no diário de campo de um dos estagiários presentes: *“(...) houve um pouco de resistência dos alunos, tanto em dar opiniões quanto ir ao quadro”*.

Durante a aula também pôde ser notado alunos dispersos, conversando e até mesmo dormindo, como relatado pelo estagiário: *“os alunos não anotaram nada do que foi passado, tanto comentários, quanto a matéria no quadro”*.

Estes fatos podem ter acontecido devido à presença de diferentes pessoas acompanhando a atividade, bem como, pela ocorrência da professora que ministrava a atividade não ser a regente da turma. Além disso, a filmagem também pode ter gerado certo desconforto aos alunos.

Ao final da aula, quando já haviam sido discutidos os aspectos do modelo atômico de Thomson, bem como suas relações com o *“plum pudding”* foi notado uma evolução na participação dos alunos, sendo possível, inclusive, uma maior interação com a turma. Neste momento os alunos demonstravam-se estimulados; começaram a explicitar suas ideias sobre o modelo atômico e suas relações com o análogo. Manifestaram interesse em discutir sobre os aspectos que caracterizavam o átomo de Thomson, apresentando certas inquietações com relação às representações concretas para o átomo de Thomson.

3.3 Ferramentas para análise dos dados

Para análise dos dados coletados foi necessário uma sistematização das ideias apresentadas pelos alunos nos questionários. Para tal, foram criadas categorias que agrupavam as ideias dos alunos fundamentadas em pressupostos semelhantes.

Estas categorias foram criadas analisando minuciosamente a ideia apresentada por cada aluno em cada questão. O processo de categorização foi realizado em parceria com a orientadora e todas as divergências foram discutidas até o estabelecimento de consenso. Com intuito de clarear as ideias reunidas em cada categoria utilizamos de exemplos. Estes exemplos foram constituídos de transcrições das respostas dos alunos ou desenhos. As respostas que apresentaram erros gramaticais que comprometiam o entendimento das ideias

expressas foram corrigidas ao serem transcritas com intuito de facilitar sua interpretação pelo leitor.

Visando resumir os resultados foi criada uma tabela com todas as categorias, as respectivas quantidades de respostas de alunos incluídas nelas e os percentuais associados.

Para descrição e análise da aula “Ensinando com Analogias” foi necessário assistir a filmagem diversas vezes para que, primeiro, fosse possível selecionar os principais momentos (aqueles que auxiliavam nossa interpretação das respostas dos alunos ou nos quais eles expressaram ideias que não foram expressas nos questionários) e, posteriormente, explorá-los em detalhes.

Na tentativa de assegurar uma melhor compreensão do leitor, esses momentos da aula foram transcritos e nos diálogos foram criados nomes fictícios para os alunos para preservar a identidade dos mesmos.

4. RESULTADOS:

A partir dos dados obtidos nos questionários pré e pós-instrução aplicados, foi criado um sistema de categorias buscando agrupar respostas semelhantes. Essas categorias foram criadas no intuito de auxiliar a análise dos resultados. Cada categoria é apresentada a partir de uma breve descrição, do percentual de alunos que manifestaram aquelas ideias e de um exemplo com a finalidade de evidenciar as principais ideias apresentadas pelos alunos e as diferenças entre elas. Além disso, será apresentada a descrição da aula “ensinando com analogias” com o propósito de auxiliar nas discussões posteriores.

4.1 Questionário inicial

No item “a” da primeira questão do questionário inicial (ver anexo 1) foi solicitado ao aluno que descrevesse como ele entendia o modelo atômico de Thomson. Suas respostas foram divididas nas seguintes categorias:

1. Confusão entre modelos atômicos

Seis alunos (23,1%) descreveram o modelo atômico de Thomson apresentando também ideias referentes a outros modelos atômicos (Dalton, Rutherford e Bohr) ou simplesmente descreveram um modelo atômico proposto por outro cientista.

Exemplo: *“Que os átomos não são indivisíveis e que existem prótons e elétrons”* (A1).

2. Resposta em branco

Quatorze alunos (53,8%) não respondeu a questão.

3. Identidade entre o análogo e o alvo (ou aspectos destes)

Nesta categoria um aluno (3,8%) usou o “pudim de passas” (análogo) para se referir ao modelo atômico de Thomson (alvo), sem estabelecer qualquer relação entre os dois sistemas.

Exemplo: *“Entendo o modelo como um pudim de passas”* (A2).

4. Aspectos coerentes com o modelo de Thomson (alvo)

Um aluno (3,8%) apresentou algum aspecto relevante e coerente com o modelo atômico de Thomson.

Exemplo: *“O modelo atômico de Thomson tem elétrons”* (A3).

5. Confusão de ideias/ incoerência

Nesta categoria foram incluídas as respostas de quatro alunos (15,4%) que apresentaram ideias confusas com relação ao conceito alvo ou ideias incoerentes.

Exemplo: *“Tem átomo fora do núcleo”* (A4).

No item “b” da primeira questão do questionário inicial (ver anexo 2) o aluno deveria expressar suas ideias sobre o modelo atômico através de um desenho. Suas respostas foram divididas nas seguintes categorias:

1. Confusão entre modelos atômicos

Cinco alunos (19,2%) desenharam o modelo atômico de Thomson apresentando também ideias referentes a outros modelos atômicos (Dalton, Rutherford e Bohr) ou simplesmente desenharam um modelo proposto por outro cientista, como apresentado nas Figuras 1 e 2.



Figura 1 - Desenho de A5 representando o modelo atômico de Thomson

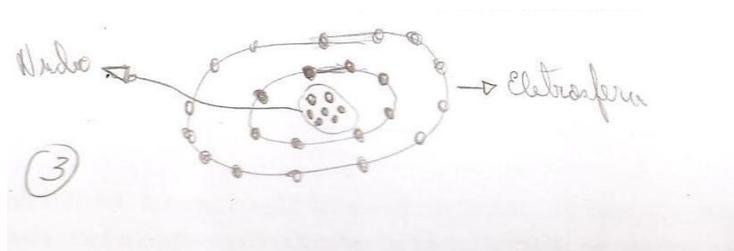


Figura 2 - Desenho de A6 representando o modelo atômico de Thomson

2. Resposta em branco

Oito alunos (30,8%) não apresentaram nenhum desenho.

3. Identidade entre o análogo e o alvo (ou aspectos destes)

Três alunos (11,5%) apresentaram desenhos do modelo atômico de Thomson (alvo) com características físicas similares ao “pudim de passas” (análogo), como apresentado na Figura 3.

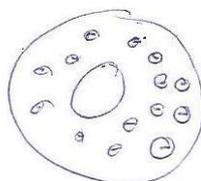


Figura 3 - Desenho de A7 representando o modelo atômico de Thomson

Confusão de ideias/ incoerência

Nesta categoria, dez alunos (38,5%) apresentaram desenhos confusos, os quais não representavam ideias referentes ao alvo ou ideias incoerentes, como apresentado na Figura 4.

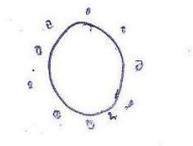


Figura 4 - Desenho de A8 representando o modelo atômico de Thomson

Na segunda questão (ver anexo 2), foi solicitado que o aluno descrevesse como imaginava um “pudim de passas”. Suas respostas foram agrupadas nas seguintes categorias:

1. Passas distribuídas por toda extensão do pudim

Dois alunos (7,7%) apresentaram ideia das passas distribuídas por toda a massa do pudim.

Exemplo: *“Uma massa com várias manchinhas em seu interior”* (A9).

2. Resposta em branco

Quatro alunos (15,4%) não responderam a questão.

3. Identidade entre o análogo e o alvo (ou aspectos destes)

Cinco alunos (19,2%) ao descrever o “pudim de passas”, o identificaram (ou identificaram partes dele) com o modelo atômico de Thomson (ou partes deste).

Exemplo: *“O pudim seria os prótons (cargas positivas) e as passas seriam os elétrons (cargas negativas)”* (A10).

4. Não familiaridade com o análogo

Três alunos (11,5%) desconhecem um “pudim de passas”.

Exemplo: *“Eu como nunca vi, e nunca ouvi falar, imagino que deve ser diferente e não deve ser bom”* (A11).

5. Passas distribuídas somente na superfície do pudim

Nesta categoria, oito alunos (30,8%) apresentaram a versão em que as passas encontram-se localizadas somente na superfície do pudim.

Exemplo: *“Eu imagino um pudim de passas grande e cheio de passas em cima”* (A12).

6. Pudim na versão brasileira

Um aluno (3,8%) descreveu o pudim sem apresentar as passas, como o pudim que temos o costume de preparar no Brasil.

Exemplo: *“É um pudim pastoso com calda doce e redondo”* (A13).

7. Não identificação do alvo/ confusão entre modelos atômicos

Nesta categoria, três alunos (11,5%) descreveram o “pudim de passas” associando-o com ideias referentes a outros modelos atômicos (Dalton, Rutherford, Bohr) diferentes do proposto por Thomson.

Exemplo: *“Algo cheio de bolinhas que no caso de um modelo atômico seriam prótons, nêutrons e elétrons misturados”* (A14).

No item “b” da segunda questão do questionário inicial (ver anexo 2) o aluno foi solicitado a expressar suas ideias sobre o “pudim de passas” através de um desenho. Suas respostas foram divididas nas seguintes categorias:

1. Estrutura com orifício central sem passas

Três alunos (11,5%) desenharam um pudim com orifício central sem distribuição de passas, como apresentado na Figura 5.

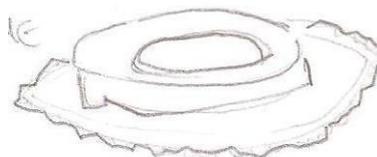


Figura 5 - Desenho de A15 representando o “pudim de passas”

2. Resposta em branco

Três alunos (11,5%) não apresentaram o desenho.

3. Ausência de orifício central na estrutura coberta por passas

Sete alunos (26,9%) representaram as passas apenas na superfície da estrutura e não apresentaram orifício central, como apresentado na Figura 6 e 7.



Figura 6 - Desenho de A16 representando o “pudim de passas”

4. Identidade entre análogo e alvo (ou aspectos destes)

Dois alunos (7,7%) ao expressar o desenho do “pudim de passas” ressaltaram aspectos do modelo atômico de Thomson, como apresentado na Figura 7.

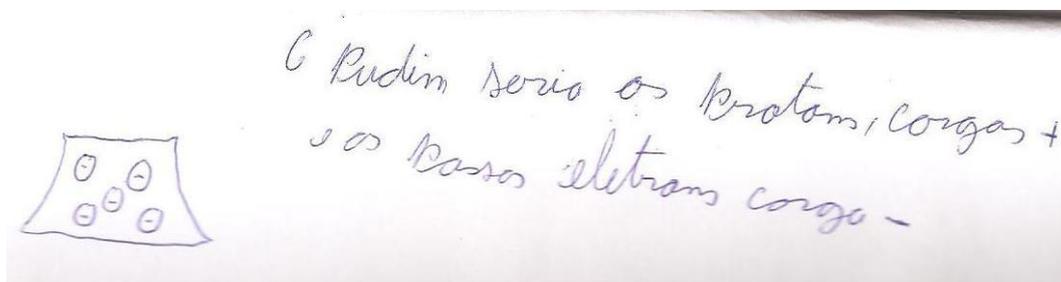


Figura 7 - Desenho de A18 representando o “pudim de passas”

5. Estrutura com orifício central e com passas

Onze alunos (42,3%) fizeram a representação de um pudim com orifício no centro e passas distribuídas apenas na superfície, como apresentado na Figura 9.

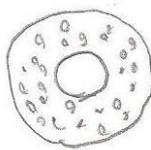


Figura 8 - Desenho de A19 representando o “pudding de passas”

Na terceira questão (ver anexo 2), inicialmente o aluno foi solicitado a apresentar as semelhanças que identificava entre o alvo (modelo atômico de Thomson) e o análogo (“pudding de passas”). Suas respostas foram divididas nas seguintes categorias:

1. Correspondência de características similares superficiais

Quatro alunos (15,4%) expressaram apenas características similares superficiais.

Exemplo: *“Os dois são redondos”* (A20).

2. Resposta em branco

Nove alunos (34,6%) não responderam.

3. Relação coerente entre o análogo e o alvo

Nesta categoria, três alunos (11,5%) expressaram alguma relação coerente entre o modelo atômico de Thomson e o “pudding de passas”.

Exemplo: *“Os dois eram tentativas de explicar como era o átomo”* (A21).

4. Confusão de ideias/incoerência

Nesta categoria foram incluídos dez alunos (38,5%) que expressaram relações confusas entre o alvo e o análogo e ideias incoerentes.

Exemplo: *“Os microrganismos se multiplicam”* (A22).

Na segunda solicitação da terceira questão, o aluno deveria apresentar as diferenças entre o alvo e o análogo. Suas respostas foram divididas nas seguintes categorias:

1. Correspondência de características similares superficiais

Quatro alunos (15,4%) apresentaram diferenças superficiais (propriedades relacionadas a cor, tamanho, forma) entre alvo e análogo.

Exemplo: *“O pudding de passas é maior que o modelo atômico de Thomson”* (A23).

2. Resposta em branco

Dez alunos (38,5%) não responderam a questão.

3. Limitação coerente da analogia

Nesta categoria, dois alunos (7,7%) descrevem diferenças coerentes entre o alvo e o análogo.

Exemplo: *“O pudding de passas não possui diferença de carga elétrica (se referindo entre as passas e a massa do pudding) e o modelo sim”* (A24).

4. Confusão de ideias/incoerência

Nesta categoria foram incluídas respostas de dez alunos (38,5%) que expressaram limitações confusas entre o alvo e o análogo ou ideias incoerentes.

Exemplo: *“Nem sempre um depende do outro”* (A25).

Na terceira solicitação da terceira questão, o aluno foi questionado sobre o fato de a comparação entre o “pudim de passas” e o modelo atômico de Thomson facilitar a sua compreensão do modelo atômico.

1. Sim, justificativa coerente

Dois alunos (7,7%) responderam afirmativamente e propuseram uma justificativa coerente apresentando uma relação entre o alvo e o análogo.

Exemplo: *“Sim, o pudim serve para explicar o modelo; o pudim representa uma esfera e as passas os elétrons”* (A26).

2. Sim, justificativa incoerente

Oito alunos (30,8%) apresentaram respostas positivas afirmando que a comparação entre o “pudim de passas” e o modelo atômico de Thomson ajuda a eles entenderem o modelo, porém, não apresentaram uma justificativa coerente.

Exemplo: *“Sim, pois os dois são difíceis de identificar o que foi usado”* (A27).

3. Sim, justificativa com base em características similares superficiais

Três alunos (15,5%) apresentaram resposta positiva afirmando que a comparação entre o “pudim de passas” e o modelo atômico de Thomson o ajuda a entender o modelo atômico, e propõe uma justificativa através da correspondência de similaridade física.

Exemplo: *“Sim, pela aparência, formato, etc”* (A28).

4. Resposta em branco

Oito alunos (30,8%) não responderam a questão.

5. Não, inexistência de características similares superficiais

Três alunos (11,5%) negaram a analogia entre o “pudim de passas” e o modelo atômico de Thomson, devido à falta de características similares superficiais entre o alvo e o análogo.

Exemplo: *“Não porque elas têm pouco a ver”* (A29).

4.2 Aula “ensinando com analogias”

A aula foi iniciada buscando retomar a ideia do modelo atômico de Dalton, pois, como se tratava de uma turma de segundo ano do ensino médio, os alunos já tinham estudado o assunto na série anterior. Após a retomada das ideias principais do cientista Dalton sobre o átomo, iniciou-se a discussão sobre as principais ideias de Thomson que embasaram seu modelo.

Os alunos estavam agitados e, no primeiro momento que tentei interagir com a turma ao iniciar a discussão sobre o modelo atômico de Thomson, eles não responderam os questionamentos e demonstraram-se desatentos. Então, escrevi no quadro as principais ideias do modelo atômico de Thomson ressaltando os aspectos apresentados no plano de aula (ver anexo 2).

Num segundo momento, descrevi brevemente o que era uma analogia e perguntei aos alunos se eles lembravam qual era a analogia utilizada ao se estudar o modelo atômico de Thomson. Eles rapidamente responderam “pudim de passas”. Naquele momento, pedi a um aluno que fizesse o desenho de um “pudim de passas” no quadro para a turma. Entramos num consenso que o “pudim de passas” na versão brasileira seria como o desenho apresentado, com as passas distribuídas na superfície e um orifício central.

Logo em seguida, informei aos alunos que o “pudim de passas” proposto como análogo seria, na verdade, um pudim de origem inglesa (“*plum pudding*”). Naquele momento, apresentei uma fotografia do “*plum pudding*” em maior dimensão no quadro (ver anexo 4) e levei outras fotos menores do mesmo para que eles pudessem observar os detalhes de perto. Ao apresentar a fotografia houve o seguinte diálogo:

Professora: Como a gente pode ver aqui nesta imagem, ele é bem diferente do pudim que estamos acostumados, não é? (...) As passas estão dispostas em toda extensão do pudim, não é?

Antônio: Parece um panetone.

Professora: É verdade, a gente pode comparar com um panetone aqui no Brasil.

A partir daí, fui questionando os alunos sobre as diferenças entre os dois sistemas (“pudim de passas” brasileiro e inglês) para que, posteriormente, pudesse ser feita a relação entre análogo e alvo levando-se em consideração o “*plum pudding*” como análogo.

Após a apresentação do análogo, expus as relações entre o “*plum pudding*” e o modelo atômico, apontadas no plano de aula (anexo 2). Ressaltei, então, os aspectos que não poderiam ser comparados (limitações). Anotei no quadro as relações e limitações entre os dois sistemas.

Nos momentos finais da aula, os alunos demonstraram-se mais estimulados a participar, talvez pelo fato de que uma melhor compreensão do ‘novo’ análogo (“*plum pudding*”), juntamente com as relações apontadas entre ele e o alvo, tenha gerado ideias que conflitavam com as ideias anteriores deles sobre o modelo de Thomson. Foram surgindo comentários e questionamentos sobre como seria a distribuição dos elétrons no átomo. Além disso, o fato de a pesquisadora não apresentar qualquer representação concreta do modelo atômico gerou neles certa inquietação.

Foi quando um aluno me questionou:

João: Como é o desenho do modelo atômico de Thomson?

Professora: Eu falei para vocês que o modelo atômico foi elaborado através de um processo de imaginação. Então, foi através das evidências que Thomson foi construindo esse modelo que a gente está falando e fazendo essa comparação com o “pudim de passas”. Mas eu não vou desenhar para vocês o modelo, porque como se trata de um processo de imaginação, vocês vão construir mentalmente como ele é, a partir desses aspectos que discutimos. Ele é esférico, os elétrons estão dispersos nessa massa positiva e ele pode ser comparado, nesse sentido, (aponta para as relações destacadas no quadro) com o “pudim de passas”. Então, como você imagina que seja o modelo atômico?

João: Imagino uma esfera que, se partir no meio, vai estar cheia de bolinhas...

Naquele momento, o aluno parecia não aceitar a abstração do modelo atômico de Thomson e, por isso, solicitava uma representação concreta do mesmo.

Indaguei aos demais alunos como eles imaginavam o átomo. E outras ideias foram sendo expressas, como evidencia o trecho a seguir:

José: Os elétrons também não ficariam tão misturados assim... (fazendo referência ao “*plum pudding*”)

Professora: Como ficaria?

José: Ficariam mais separadinhos.

Professora: Como ficariam esses elétrons?

José: Ah! Mais separados. Seria o núcleo com os positivos dentro dele e elétrons em volta.

Professora: Na realidade gente, Thomson ainda não tinha falado sobre essa ideia de núcleo. A ideia dele sobre o átomo é que ele era esférico e existia uma massa positiva onde estariam dispersos os elétrons. Mas você acha que os elétrons estavam dispersos como as passas no “*plum pudding*”?

José: Poderiam estar no lugar das passas, só que mais separados, não tão misturados.

Professora: Como assim mais separados?

José: Assim quase igual o desenho que eu fiz. Mais organizado. (No início da aula, esse aluno tinha feito o desenho do “pudim de passas” brasileiro no quadro, com passas distribuídas na superfície, de acordo com a Figura 9).



Figura 9 – *Print screen* do desenho do “pudim de passas” brasileiro feito por um dos alunos no quadro negro

Professora: Você acha que eles estariam dispersos somente na superfície?

José: É... Ao redor, assim do lado de fora.

Professora: E do lado de dentro você acha que teriam elétrons?

José: Não. Só do lado de fora.

Professora: E quando você compara com esse pudim aqui? (Me referindo ao “*plum pudding*”).

José: Ah esse pudim... (pensando). Ficaria como se fosse a casca do pudim com elétrons, do lado de dentro só o positivo, só os prótons.

Professora: Alguém concorda com ele?

No momento em que outros alunos iriam se pronunciar, o sinal bateu. Era o intervalo da escola. Os alunos se agitaram para sair da sala e não foi possível finalizar esta parte da discussão.

4.3 Questionário final

Na primeira questão do questionário final (ver anexo 3), os alunos foram solicitados a apresentar as semelhanças e as limitações da analogia entre o “pudim de passas” e o modelo atômico de Thomson. Suas respostas foram divididas nas seguintes categorias:

Semelhanças

1. Relação entre a distribuição das passas no pudim e dos elétrons no átomo

Nesta categoria foram incluídas as respostas de treze alunos (41,9%) que expressaram a relação coerente entre a distribuição das passas por toda extensão do pudim e a distribuição dos elétrons por toda extensão do átomo.

Exemplo: “*O pudim de passas tem várias passas espalhadas por toda a sua massa. Assim como no modelo atômico de Thomson estão espalhados elétrons por toda a sua massa*” (A1).

2. Resposta em branco

Quatorze alunos (45,2%) não responderam a questão.

3. Relação entre a massa distribuída de maneira uniforme no pudim e no átomo

Três alunos (9,7%) expressaram a relação entre a distribuição uniforme da massa do pudim e da massa positiva do átomo.

Exemplo: *“Massa positiva distribuída de maneira uniforme (se referindo ao modelo atômico de Thomson); massa do pudim distribuída de maneira uniforme (se referindo ao “plum pudding”)* (A2).

4. Identificação de características similares superficiais

Quatro alunos (12,9%) apresentaram a relação entre os dois sistemas baseados nas características similares superficiais.

Exemplo: *“eles são semelhantes na aparência às passas parece que tem tanto no pudim, tanto no modelo atômico de thomson”* (A3).

5. Identidade entre o análogo e o alvo (ou aspectos destes)

Nesta categoria foram incluídas as respostas de dois alunos (6,4%) que expressaram a transferência de características do análogo para o alvo.

Exemplo: *“A semelhança é que eles apresentam esferas positivas com elétrons negativos”* (A4).

6. Confusão entre modelos atômicos

Um aluno (3,2%) apresentou semelhanças entre o “pudim de passas” e o modelo atômico de Thomson, mas expressou também ideias referentes a outros modelos atômicos (Dalton, Rutherford e Bohr) ao tentar estabelecer relações entre o alvo e o análogo.

Exemplo: *“A massa do pudim seria a estrutura maciça do átomo, já as passas seriam as cargas que ficam dentro dele como elétron e nêutron”* (A5).

7. Massa positiva maior que a massa total de elétrons*

Um aluno (3,2%) estabeleceu a relação de que a massa positiva do átomo seria maior que a massa dos elétrons assim como a massa do pudim é maior em relação à massa das passas.

Exemplo: *“a massa total é maior que a dos elétrons (passas)”* (A6).

Limitações

1. Identificação de características superficiais entre alvo e análogo

Nesta categoria foram incluídas as respostas de nove alunos (29,0%) que apresentaram limitações baseadas nas diferenças de características físicas entre o modelo atômico de Thomson e “pudim de passas”.

Exemplo: *“átomo esférico e pudim achatado”* (A7).

2. Pudim macroscópico e átomo submicro

Dois alunos (6,4%) apresentaram limitação na dimensão dos dois sistemas.

Exemplo: *“A diferença é que o pudim pode ser visto a olho nu e o modelo não”* (A8).

3. Identidade entre o análogo e o alvo (ou aspectos destes)

Nesta categoria encontram-se as respostas de dois alunos (6,4%) que apresentaram transferência de características do análogo para o alvo.

Exemplo: *“A diferença é que o pudim de passas tem esferas positivas com elétrons negativos em seu interior”* (A9).

4. Características superficiais distintas entre o modelo atômico e o pudim na versão brasileira

Três alunos (9,7%) expressaram limitações baseadas em diferenças de características superficiais entre o “pudim de passas” na versão brasileira (análogo) e o alvo.

Exemplo: *“no pudim tem uma abertura central e no modelo não”* (A10).

5. Elétrons distribuídos somente na superfície do átomo

Nesta categoria foram incluídas respostas de cinco alunos (16,1%) que expressaram limitações entre a distribuição das passas no pudim e a distribuição dos elétrons no modelo atômico.

Exemplo 3: *“as passas estão espalhadas pelo pudim, e no modelo atômico elas são divididas separadamente (se referindo a elétrons na superfície)”* (A11).

6. Resposta em branco

Onze alunos (35,5%) não responderam a questão.

Na segunda questão do questionário final (ver anexo 2) foi apresentada a situação em que uma régua de plástico atraía pedaços de papéis após ser atritada no cabelo. Foi então, solicitado ao aluno que elaborasse uma explicação para este fenômeno e, caso a analogia pudesse ajudá-lo, a utilizasse em sua explicação. As respostas foram divididas nas seguintes categorias:

1. Explicação coerente sem utilização da analogia

Nesta categoria são reunidas as respostas de quatro alunos (12,9%) que apresentaram uma explicação coerente para o fenômeno da eletrização por atrito e não mencionaram a analogia.

Exemplo: *“No momento do atrito do plástico com o cabelo cria-se um campo eletrizado no plástico. O plástico fico eletrizado e atrai os pedaços de papel, atraídos pela ionização”* (A12).

Exemplo 2: *“A régua de plástico ao ser “esfregada” no cabelo, formam pólos que conduzem eletricidade, e ao ser aproximada em pedaços de papéis, vira uma espécie de imã, que os atraem”* (A13).

2. Confusão de ideias/ incoerência

Dezoito alunos (58,1%) expressaram confusão de conceitos ou simplesmente apresentaram ideias incoerentes.

Exemplo1: *“sim, pois ocorre a mesma coisa com o pudim”* (A14).

Exemplo2: *“A régua traz uma energia quando entra em contato com o cabelo daí a régua fica com energia positiva e o papel fica com energia negativa”* (A15).

3. Resposta em branco

Nove alunos (29,0%) não responderam a questão.

A terceira questão do questionário final (ver anexo 2) solicitava ao aluno que propusesse melhorias para a analogia entre o “pudim de passas” e o modelo atômico de Thomson e abria a possibilidade para que, caso ele desejasse, elaborasse uma nova analogia para entender melhor o modelo. Suas respostas foram divididas nas seguintes categorias:

1. Dificuldade em lidar com a abstração do modelo atômico

Seis alunos (19,3%) recusaram o estabelecimento da comparação por não compreenderem a abstração do conceito alvo.

Exemplo: *“Acho que o modelo deveria virar uma coisa vista não só uma comparação como o pudim, deveria ter um modo de entendermos ele como uma forma concreta”* (A16).

2. Desqualificação do análogo, devido a não correspondência de características similares superficiais

Nesta categoria são reunidas as respostas de sete alunos (22,6%) que rejeitam o análogo devido a não correspondência de características físicas equivalentes com o alvo.

Exemplo: *“Poderia ser utilizado um material esférico e que não possuem cores para ser comparado com o modelo atômico de Thomson”* (A17).

3. Confusão de ideias/ incoerência

Sete alunos (22,6%) não conseguiram apresentar um novo análogo coerente ou apresentaram ideias confusas sobre a analogia ou ainda que apresentaram ideias incoerentes.

Exemplo: *“eu colocaria um núcleo com prótons e neutros e em volta uma camada de elétrons. Um átomo parecido com modelo atômico de Rutherford”* (A18).

4. Proposição de um novo análogo

Quatro alunos (12,9%) propuseram um novo análogo na tentativa de realçar as relações de estrutura com o alvo.

Exemplo: *“Uma laranja, em que as sementes seriam as cargas que existem no interior do átomo, ficaria mais fácil, pois, uma laranja é mais fácil de imaginar e representar”* (A19).

5. Resposta em branco

Sete alunos (22,6%) não responderam a questão.

A seguir, nos quadros 1 e 2, será apresentado um resumo das categorias criadas para cada questão com suas respectivas quantidades de alunos e percentual.

Questões	Categorias	Nº de alunos	Porcentagem de alunos (%)
1(a)	Confusão entre modelos	6	23,1
	Resposta em branco	14	53,8
	Identidade entre o análogo e o alvo (ou aspectos destes)	1	3,8
	Aspectos coerentes com o modelo atômico de Thomson (alvo)	1	3,8
	Confusão de ideias/incoerência	4	15,4
1(b)	Confusão entre modelos atômicos	5	19,2
	Resposta em branco	8	30,8
	Identidade entre o análogo e o alvo (ou aspectos destes)	3	11,5
	Confusão de ideias/incoerência	10	38,5
2(a)	Passas distribuídas por toda extensão do pudim	2	7,7
	Resposta em branco	4	15,4
	Identidade entre o análogo e o alvo (ou aspectos destes)	5	19,2
	Não familiaridade com análogo	3	11,5
	Passas distribuídas somente na superfície do pudim	8	30,8
	Pudim na versão brasileira	1	3,8
	Não identificação do alvo/ confusão entre modelos	3	11,5
2(b)	Estrutura com orifício central sem passas	3	11,5
	Resposta em branco	3	11,5
	Ausência de orifício central na estrutura coberta por passas	7	26,9
	Identidade entre o análogo e o alvo (ou aspectos destes)	2	7,7
	Estrutura com orifício central e com passas	11	42,3
3(a)	Correspondência de características similares superficiais	4	15,4
	Resposta em branco	9	34,6
	Relação coerente entre o análogo e o alvo	3	11,5
	Confusão de ideias/incoerência	10	38,5
3(b)	Correspondência de características superficiais	4	15,4
	Resposta em branco	10	38,5
	Limitação coerente da analogia	2	7,7
	Confusão de ideias/incoerência	10	38,5
3(c)	Sim, justificativa coerente.	2	7,7
	Sim, justificativa incoerente.	8	30,8
	Sim, justificativa com base em características similares superficiais	3	15,5
	Resposta em branco	8	30,8
	Não, inexistência de características similares superficiais	3	11,5

Quadro 1 – Resumo dos resultados referentes ao questionário inicial

Questões	Categorias	Nº de alunos	Porcentagem de alunos (%)
1 (Semelhanças ⁸)	Relação entre a distribuição das passas no pudim e dos elétrons no átomo	13	41,9
	Resposta em branco	14	45,2
	Relação entre a massa distribuída de maneira uniforme no pudim e no átomo	3	9,7
	Identificação de características similares superficiais	4	12,9
	Identidade entre o análogo e o alvo (ou aspectos destes)	2	6,4
	Confusão entre modelos atômicos	1	3,2
	Massa positiva maior que a massa total de elétrons	1	3,2
1(Limitações)	Identificação de características superficiais entre alvo e análogo	9	29,0
	Pudim macroscópico e átomo submicro	2	6,4
	Identidade entre o análogo e o alvo (ou aspectos destes)	2	6,4
	Características superficiais distintas entre o modelo atômico e o pudim na versão brasileira	3	9,7
	Elétrons distribuídos somente na superfície do átomo	5	16,1
	Resposta em branco	11	35,5
	2	Explicação coerente sem utilização da analogia	4
Confusão de ideias/ incoerência		18	58,1
Resposta em branco		9	29,0
3	Dificuldade em lidar com a abstração do modelo atômico	6	19,3
	Desqualificação do análogo, devido a não correspondência de características similares superficiais	7	22,6
	Confusão de ideias/incoerência	7	22,6
	Proposição de um novo análogo	4	12,9
	Resposta em branco	7	22,6

Quadro 2 – Resumo dos resultados referentes ao questionário final

⁸ O somatório do percentual de alunos nesta questão excede 100% devido às respostas que se enquadraram em mais de uma categoria.

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Nesta seção foi realizada uma análise qualitativa dos resultados apresentados anteriormente. A análise será dividida em quatro seções, sendo as duas primeiras destinadas à discussão do questionário inicial e final, respectivamente; a terceira para análise da aula “ensinando com analogias”; e a quarta para a análise do modelo de ensino TWA, em específico.

5.1 Análise do questionário inicial

Em resposta à primeira questão do questionário inicial que, solicitava que os alunos descrevessem o modelo atômico de Thomson, pôde-se perceber que a grande maioria dos alunos deixou-a em branco. Isto pode ter acontecido devido ao fato de eles não lembrarem o conceito por ter sido estudado na série anterior, como alguns dos alunos explicitaram em suas respostas. Isso parece demonstrar que o ensino tradicional (fundamentado nas ideias de que processo ensino-aprendizagem ocorre através da “transmissão” de conhecimentos pelo professor e da “recepção” dos mesmos pelos alunos através de sua memorização passiva) no qual estão inseridos não favoreceu o aprendizado significativo do modelo atômico proposto por Thomson.

Nessa mesma questão, uma considerável proporção de alunos apresentou confusão entre os modelos atômicos, apresentando ideia de núcleo, eletrosfera, prótons, que foram conceitos propostos por outros cientistas e não por Thomson. Fornecendo, mais uma vez, indícios de que quando os alunos são submetidos a um ensino que prioriza a memorização passiva, eles podem ser incapazes de produzir uma visão adequada do conhecimento científico. Isso porque, a confusão entre os modelos pode demonstrar que o aluno não tem um conhecimento bem fundamentado sobre o processo de evolução das ideias sobre o átomo, as quais influenciaram na proposição dos diferentes modelos pelos cientistas.

Ainda na primeira questão, em que o aluno foi solicitado a expressar suas ideias sobre o modelo atômico de Thomson através de um desenho, a maioria dos alunos apresentou desenhos confusos. Isso é indicativo da dificuldade que os alunos possuem em compreender temas abstratos como os modelos atômicos. Outra parte dos alunos desenhou o modelo atômico de Thomson com características físicas similares ao “pudim de passas” (por exemplo, orifício central e elétrons distribuídos somente na superfície), transferindo ideias do análogo para o alvo. Isto pode ter acontecido devido à maneira com que a analogia foi apresentada, seja através dos livros didáticos ou pelo próprio professor. Em ambos os casos, ao se fazer uso da linguagem metafórica com expressões do tipo “o modelo atômico do pudim de passas”,

sem que as relações e limitações existentes entre os dois sistemas sejam explicitadas, corre-se o risco de se realçar as confusões entre o análogo e o alvo como aquelas que foram evidenciadas pelos desenhos dos alunos.

Na segunda questão, na qual o aluno foi solicitado a descrever um “pudim de passas”, alguns deles afirmaram desconhecer o análogo. Nestes casos, a analogia estabelecida não cumpriu o seu papel de modelo de ensino, uma vez que, para isso, a necessidade primordial é de que o análogo seja familiar aos alunos.

Nessa questão, a grande maioria dos alunos descreveu o “pudim de passas” apresentando a ideia das passas distribuídas somente na superfície do pudim. Para as autoras Monteiro e Justi (2000) este fato é compreensível, pois a versão de um “pudim de passas” brasileiro (manjar) teria as passas distribuídas somente na superfície. Apenas uma pequena parcela dos alunos apresentou a ideia coerente com a representação do análogo almejado: passas dispersas por toda extensão do pudim.

No segundo item dessa segunda questão em que o aluno era solicitado a expressar as ideias com relação ao pudim através de um desenho, eles reforçam as concepções anteriores através de um desenho referente a um “pudim de passas” com orifício central, no qual as passas estão distribuídas na superfície. Alguns deles, no entanto, representaram um pudim sem passas. Essa representação que pode ter tomado como referência a versão de pudim mais comum no Brasil, reforçando a evidência de pouca familiaridade dos alunos com o análogo.

Na terceira questão, ao serem solicitados a apresentar as semelhanças e limitações da analogia entre o “pudim de passas” e o modelo atômico de Thomson, a maior parte dos alunos apresentou confusão de ideias e outra grande parte deixou a questão em branco. Como o tema já havia sido estudado no ano anterior, supomos que as relações entre os dois sistemas e as limitações da comparação não foram explicitadas nas aulas ou o foram de uma maneira pouco inteligível para os alunos.

Nessa questão, podemos destacar, na categoria que engloba relações coerentes entre alvo e análogo, repostas como a de que análogo (pudim) e alvo (modelo) constituem tentativas de se explicar o átomo. Isso parece demonstrar uma melhor compreensão do aluno sobre o assunto. Porém, somente uma pequena parte dos alunos foram incluídos nesta categoria.

As repostas a essa terceira questão também evidenciam que os alunos possuem maior facilidade em apresentar correspondências de características superficiais, sejam elas similares (como o fato de os dois serem redondos) ou não (como as cores). O fato de a maioria deles não ter sido capaz de identificar relações pode estar relacionado à incompreensão do significado de uma analogia.

Essa incompreensão fica ainda mais clara quando, na quarta questão, os alunos são questionados sobre a contribuição ou não da analogia para a compreensão do conceito. Nesta questão, muitos deles afirmam que a analogia os ajuda a entender o conceito, porém, justificam essa resposta de maneira incoerente ou através da identificação de características similares superficiais. Talvez, por ser uma analogia bastante difundida nos livros e pelos professores, os alunos tendem a acreditar que ela os auxilia na compreensão do tema. Os alunos que negam esse auxílio justificam pelo fato de a analogia não permitir a correspondência de características similares superficiais (como forma e cor) entre o análogo e o alvo. Apenas uma pequena parte dos alunos respondeu este questionamento afirmando e justificando com coerência tal resposta.

Vale ainda comentar que, no geral, o contexto em que essa atividade foi aplicada pode ter influenciado na atenção dos alunos ao responder o questionário. Era dia de prova e a professora da turma aguardava que eles respondessem o questionário para dar início à prova de Química. Apesar disso, através desse instrumento foi possível ter acesso a muitas das ideias relevantes dos alunos sobre o assunto, como discutido.

5.2 Análise do questionário final

No questionário final a primeira pergunta solicitava que os alunos identificassem as relações entre os dois sistemas (*“plum pudding”* e modelo atômico de Thomson). A relação entre a distribuição das passas no pudim e a distribuição dos elétrons no átomo foi a que os alunos mais identificaram em suas respostas.

Mesmo que por uma pequena diferença, o percentual das respostas em branco tenha sido o maior, a parcela de respostas enquadradas na categoria “relação entre a distribuição das passas no pudim e dos elétrons no átomo” pode indicar que uma grande parte dos alunos foi capaz de compreender uma relação relevante entre os dois sistemas através da aula “ensinando com analogias”. Essa suposição é justificada pelo fato de que, quando solicitados a eles que identificassem as semelhanças e limitações entre os dois sistemas no questionário inicial, os alunos não demonstraram este conhecimento. Além disso, como comentado na seção “Metodologia” desse trabalho, o questionário final só foi aplicado três semanas depois de a aula ter sido ministrada, para evitar que as respostas dos alunos às questões fossem fornecidas por simples retenção de memória.

Mesmo após a aula, no entanto, uma pequena parte dos alunos continuou identificando características similares superficiais entre o modelo atômico e o “pudim de passas” e a maior parte deles, identificou limitações também baseadas nessas características

superficiais. De certa forma, isso pode ter sido influenciado pelo fato de a pesquisadora ter discutido na aula fundamentada no TWA, limitações da analogia quanto à comparação de características superficiais (por exemplo, a diferença entre o formato esférico do átomo e o formato achatado do pudim). Tal aspecto foi incluído no planejamento da aula, porque uma análise prévia das respostas dos alunos ao questionário inicial evidenciou que este tipo característica aparecia de maneira recorrente quando os alunos eram solicitados a identificar ou representar os aspectos similares entre os domínios comparados.

Com o objetivo de favorecer a familiarização dos alunos com o análogo comumente utilizado nas comparações estabelecidas por professores e autores de materiais instrucionais (etapa 2 do modelo TWA, discutido na seção 1.8 da introdução desse trabalho) a imagem do “*plum pudding*” foi levada para o contexto da sala de aula e suas relações com o alvo foram discutidas, pela pesquisadora, com base neste análogo. No entanto, os alunos tenderam a comparar com o que lhes era mais familiar (pudim de passas na versão brasileira, o manjar), uma vez que, o “*plum pudding*” não é um domínio do cotidiano deles. Isso evidencia, mais uma vez, a importância da familiaridade com análogo no estabelecimento de uma analogia.

Quando os alunos foram solicitados a aplicar seus conhecimentos em uma situação particular - ao se atritar a régua no cabelo e aproximá-la de pedaços de papéis -, pudemos perceber que uma pequena parte deles apresentou uma explicação coerente para o fenômeno e, o fizeram sem utilização da analogia. A literatura aponta que, muitas vezes, os alunos utilizam de analogias (mesmo que de forma espontânea) para explicar os fenômenos (DUIT, 1991). Neste caso, a analogia parece não ter ajudado os alunos nesse sentido, pois a grande maioria deles apresentou confusão de ideias e não conseguiu formular uma explicação plausível para o fenômeno. Isto pode ter acontecido, devido ao análogo não apresentar relações com a dinamicidade do modelo atômico de Thomson, fazendo com que explicações de fenômenos como este não sejam facilitadas, porque pode se tornar difícil para o aluno imaginar a perda de elétrons “incrustados” em um átomo.

Na última questão, quando os alunos foram solicitados a propor melhorias para a analogia ou apresentar um novo análogo, percebeu-se mais uma vez em suas respostas que eles apresentaram dificuldades em lidar com a abstração que um modelo atômico exige, pois eles insistiam que “*o modelo deveria virar alguma coisa vista, não somente uma comparação*”, como exemplifica a fala de A16.

Algumas ideias – como a da existência de características similares superficiais compartilhadas pelos sistemas comparados - que os alunos apresentaram no questionário inicial prevaleceram neste último questionário. Porém, a compreensão da relação de

similaridade entre a distribuição das passas e a distribuição dos elétrons também foi evidenciada em algumas repostas deste questionário final.

Esse é o único aspecto que a analogia entre o “pudim de passas” e o modelo atômico de Thomson pode facilitar a compreensão. Aspectos mais profundos como a mobilidade dos elétrons e a neutralidade de cargas presentes no modelo Thomson não são possíveis de serem tratados a partir de relações estabelecidas entre o análogo e o alvo dessa analogia. É exatamente por isso que é pouco provável que um processo de ensino em que o modelo de Thomson tenha sido discutido, exclusivamente, a partir dessa analogia capacite os alunos a formularem explicações coerentes para fenômenos elétricos, tal como o de eletrização por atrito proposto em nossas atividades.

5.3 Análise da aula “Ensinando com Analogias”

Como mencionado na seção 3.2.2 deste trabalho, o início da aula foi bastante conturbado e os alunos estavam dispersos. Ao iniciar as discussões, eles demonstraram-se desinteressados, o que acabou por dificultar a interação da pesquisadora com a turma. É compreensível que os alunos apresentassem certo receio naquele momento, pois aquela era uma situação de ensino atípica para eles.

No período entre a aplicação do questionário inicial e a intervenção, a pesquisadora tomou conhecimento das principais ideias que os alunos apresentaram no questionário, sem se ater à análise detalhada destas. Somente após tal análise ter sido realizada foi percebido o potencial de certas ideias iniciais relevantes expressas pelos alunos, as quais poderiam ter sido discutidas na aula “Ensinando com Analogias”.

Um exemplo, é a relação coerente apontada pelo aluno A21 de que “*Os dois (análogo e alvo) eram tentativas de explicar como era o átomo*”. A partir de tal ideia, poderia ter sido discutido que os modelos na ciência são representações parciais daquilo que representam e que, qualquer recurso utilizado para facilitar nossa compreensão deles, como as analogias, o fazem somente para alguns aspectos do modelo.

Na aula foram discutidas limitações da analogia baseadas em características superficiais. Apesar de estas características serem desconsideradas no processo de mapeamento entre os domínios comparados em uma analogia, tal apontamento pela pesquisadora ocorreu devido ao fato dos alunos, com frequência, terem mapeado no questionário inicial similaridades superficiais entre os dois sistemas. Essa ação didática pode ter acarretado no fato de eles não compreenderem o significado de uma analogia, fazendo com que

apresentassem com recorrência, em outras questões do questionário final, ideias atreladas àquelas similaridades superficiais.

Quando os alunos começaram a demonstrar um maior interesse a participar da aula, o tempo foi curto para que fosse possível discutir todas as ideias que surgiram. De qualquer forma, este momento de interação foi favorável para nossa compreensão de algumas ideias que os estudantes apresentaram nos questionários. Por exemplo, permitiu-nos compreender que os alunos expressavam a ideia de elétrons mais “separados” quando, na verdade, desejavam se referir a “elétrons na superfície do átomo”.

Durante as discussões pôde ser constatada também a dificuldade dos alunos em lidar com a abstração do modelo atômico, pois, por diversas vezes, os alunos expressaram a necessidade de algo concreto, seja um desenho ou uma imagem que materializasse para eles o átomo. Outro aspecto que pôde ser notado é que, em lugar da compreensão do papel das relações analógicas na elaboração de representações mentais mais abstratas do alvo, a busca dos alunos (e muitas vezes do próprio professor) é por uma representação que aumente a concretude do alvo.

É aí que, muitas vezes, com a intenção de ‘quebrar essa barreira’ entre o aluno e o conhecimento científico, surgem aproximações inadequadas como aquelas extensamente discutidas por Bachelard e destacadas por Lopes (1992) em seu trabalho sobre as representações do conhecimento químico em livros didáticos, as quais podem fazer com que os alunos desenvolvam concepções alternativas.

Na tentativa de contornar esse problema, durante a aula, quando os alunos solicitaram uma imagem que fosse adequada para representar o átomo de Thomson, a pesquisadora disse que não faria um desenho desse modelo no quadro pois, essa representação deveria ser elaborada mental e individualmente por eles através das relações analógicas expostas entre os dois sistemas.

O processo de discussão que ocorreu durante a aula parece ter contribuído para uma evolução na compreensão dos alunos com relação ao único aspecto do alvo que a analogia discutida neste TCC pode favorecer: a distribuição homogênea de cargas negativas e da massa positiva. Durante a aula, um dos alunos questionou a pesquisadora sobre a distribuição dos elétrons restrita à superfície do átomo (ideia presente em 30,8% das respostas à questão 2(a) do questionário inicial). Esse fato pode ter contribuído para que seus colegas atentassem para o que estava sendo exposto pela pesquisadora e reformulassem suas representações (41,9% das respostas à primeira questão do questionário final continham a ideia de distribuição homogênea de cargas).

Consideramos a aula produtiva, pois as discussões previstas no seu planejamento foram realizadas e questionamentos relevantes (como aqueles sobre a cor do átomo, a necessidade de uma imagem do modelo atômico e sobre a distribuição dos elétrons) foram feitos pelos alunos. Isto nos faz pensar que a aula “Ensinando com Analogias” despertou o interesse dos alunos sobre o assunto, o que favoreceu sua exposição de ideias sobre o tema.

5.4 Análise do TWA (Teaching with analogies)

A comparação dos resultados obtidos nos questionários inicial e final, nos permitiu observar certas alterações nas ideias dos alunos. Como discutido, no questionário inicial apenas dois alunos (7,7%) identificaram a relação de semelhança entre os dois sistemas, sendo que as ideias mais recorrentes para este questionamento foram incoerentes e/ou confusas. Já no questionário final, pôde-se observar ao se fazer o mesmo questionamento, que 41,9% deles identificou a relação coerente entre a distribuição das passas no pudim e a distribuição dos elétrons no átomo. Outros tipos de ideias foram expressas, mas neste último questionário nenhum aluno apresentou resposta incoerente e/ou confusa.

Deste modo, podemos observar que o auxílio a um mapeamento explícito, proposto no modelo TWA fez com que os alunos compreendessem a relação entre os dois sistemas. Neste sentido, isso pode evidenciar que o modelo TWA dá suporte para que o professor trabalhe com os alunos as relações que ele espera que os alunos compreendam, superando assim possíveis problemas do uso espontâneo de uma comparação.

Ao explicitarem as limitações entre os dois sistemas no questionário final, ficou evidente que alguns alunos continuavam com a ideia do “pudim de passas” na versão brasileira. Neste caso, podemos perceber que a proposta de expor imagens do análogo com a finalidade de se ampliar a familiaridade dos alunos com o análogo foi improdutivo.

Diante dessa situação, acreditamos que iniciativas na tentativa de aumentar a familiaridade do análogo, constantes na proposta no TWA, são incoerentes com a própria noção de domínio análogo e não favorecem o uso de analogias no contexto de ensino. É importante ressaltar que a situação de criação de um novo análogo, proposta no questionário final foi um momento importante para se analisar as ideias dos alunos sobre o conceito do modelo atômico de Thomson.

Julgamos que o modelo TWA foi influente para despertar no aluno interesse para a participação durante a aula, pois ao se fazer o mapeamento explícito das relações entre os dois sistemas os alunos demonstraram-se mais estimulados a fazer questionamentos. Isto é essencial para um ensino construtivista de Ciências que se vale de analogias, pois, como afirma

Duit e Treagust (2003) estas comparações podem favorecer que o aluno reelabore suas ideias construindo um novo conceito ou acrescentando novas ideias àquelas já formadas.

Em síntese, acreditamos que o modelo TWA contribui para que o professor auxilie os alunos na superação do uso espontâneo de uma analogia. Acreditamos também que outra potencialidade do TWA está no engajamento do aluno na discussão de suas interpretações e de seus colegas. No entanto, sua principal fraqueza para nós está no fato de este modelo não centrar-se em processos nos quais os alunos são solicitados e guiados na elaboração de suas próprias analogias e na exploração das possíveis relações e limitações a partir de sua perspectiva.

6. CONCLUSÃO

A Química é uma ciência cujo estudo apresenta diversas dificuldades por parte dos alunos. Essas dificuldades podem estar relacionadas à abstração dos conceitos químicos, às particularidades dos termos e simbologia e, às vezes, à visão distorcida da construção do conhecimento científico.

Neste trabalho, ao aplicarmos o questionário inicial, com intuito de diagnosticar as ideias prévias dos alunos sobre o modelo atômico de Thomson e sobre a analogia do “pudim de passas”, atentamo-nos para algumas destas dificuldades relacionadas à compreensão de ambos. Uma parte dos alunos (23,1%) apresentou confusão entre os modelos atômicos e somente uma pequena parcela (3,8 %) deles apresentou ideias coerentes com relação ao modelo atômico de Thomson. Isto nos fez constatar a dificuldade dos alunos sobre este tema, que pode estar ligada à uma visão distorcida sobre como cientistas propuseram e modificaram modelos para o átomo.

Quando os alunos apresentam uma amálgama de ideias como núcleo, orbitais, prótons, como identificado nesta pesquisa, eles parecem não reconhecer os principais atributos do modelo de Thomson nem compreender que outros cientistas se apoiaram nessas ideias para a proposição de novas. Isso pode estar relacionado ao processo de ensino vivenciado pelos alunos e desconectado de uma discussão mais profunda sobre aspectos da história da Ciências, evidenciando que um ensino baseado na simples memorização pode ser incapaz de fazer com que o aluno produza uma visão adequada do conhecimento científico (MAMMINO, 2008, apud QUEIROZ, 2009, p. 6).

A forma como é abordado o modelo atômico de Thomson através dos livros didáticos também pode causar esse tipo de confusão. Como evidenciado através do estudo realizado por Monteiro e Justi (2000), sentenças como: “Thomson sugeriu que a massa total do átomo seria devida quase que totalmente apenas às cargas positivas (prótons)” - estão presentes e indicam que os próprios autores apresentam confusões entre os aspectos de diferentes modelos.

Os desenhos a partir dos quais os alunos expressaram suas ideias sobre o modelo atômico de Thomson, sustentam nossa hipótese sobre um ensino pouco fundamentado em discussões sobre a natureza do conhecimento científico. Uma quantidade significativa de alunos (38,5%) apresentou desenhos confusos e/ou incoerentes (como o de um boneco ‘sendo morto pelo modelo atômico de Thomson’) demonstraram não ter conhecimento sobre os papéis das representações (modelos) que os cientistas propõem e difundem (KOSMINSKY; GIORDAN, 2002).

A análise das ideias iniciais dos alunos sobre a analogia do “pudim de passas” nos fez notar que a maioria deles desconhecem as relações analógicas entre esse domínio e o modelo atômico de Thomson. Sendo importante ressaltar que alguns nem sequer identificam/compreendem o análogo. Portanto, essa analogia não cumpre seu papel de modelo de ensino, já que a condição primordial para isso é de que o análogo seja familiar aos alunos. Neste sentido, é improvável que os alunos estabeleçam relações entre dois sistemas que são desconhecidos por eles.

Acreditamos que o desconhecimento da única relação de similaridade possível de ser estabelecida entre os dois sistemas (homogeneidade na distribuição da carga e da massa) pode também estar ligado à forma como a analogia foi apresentada aos alunos pelo professor e/ou livro didático. Esta analogia, ainda que seja um modelo de ensino muito limitado, tem o objetivo de auxiliar os alunos a construir representações mais coerentes do modelo atômico de Thomson através da comparação entre este e o “pudim de passas”.

Portanto, no uso desta ou de qualquer outra analogia no ensino, existe a necessidade de que o professor atue no momento de construção das pontes conceituais entre o que o aluno conhece e o novo conhecimento, não deixando sobre ele a responsabilidade de estabelecer as relações almejadas e as limitações entre o alvo e análogo.

Devido à dificuldade de compreensão do tema a utilização de analogias se mostra relevante. Porém, a analogia com o “pudim de passas” em específico, juntamente com a forma pela qual ela foi apresentada em sua abordagem anterior no ensino não parecem ter contribuído para que os alunos compreendessem os aspectos principais do modelo atômico de Thomson.

No caso do modelo Ensinando com Analogias (TWA), o que constatamos é que suas etapas bem definidas fazem dele uma boa alternativa para superar o uso espontâneo de uma analogia. Como este uso espontâneo é um dos grandes problemas ao se fazer uso deste modelo de ensino (DUIT, 1991), o TWA mostra-se relevante, por exemplo, ao se realizar o mapeamento explicitado das relações e das limitações de uma analogia.

Dessa forma, o modelo potencializa o uso das analogias como modelos de ensino pois, através desse mapeamento explícito, permite que a analogia sirva como ponte conceitual para os alunos.

No entanto, a analogia entre o modelo atômico de Thomson e o “pudim de passas”, ainda que trabalhada através do TWA, não nos parece um modelo de ensino interessante, pois como os nossos resultados evidenciam alunos brasileiros sequer conhecem esta versão do “pudim de passas” inglês e, mesmo que o reconheçam como um domínio análogo, podem não conseguir compreender de maneira significativa o conceito alvo a partir das relações com este

No caso do fenômeno da eletrização por atrito que pode ser compreendido através do modelo atômico de Thomson, o análogo não contribuiu para que os alunos elaborassem explicações coerentes. Mas isto é compreensível devido ao fato de que é difícil imaginar a dinamicidade do átomo de Thomson através da relação dos elétrons com as passas incrustadas em um pudim (algo que pode estar associado a uma impossibilidade do átomo de perder ou ganhar elétrons). O que acontece é que a literatura adotou esta enganosa caracterização do modelo atômico de Thomson (GIORA; GOLDSTEIN; 2013) e esta popularização do análogo contribuiu, inclusive, para visões equivocadas a respeito do alvo.

Mesmo após o mapeamento explícito das relações entre os dois sistemas realizado pela pesquisadora na aula “Ensinando com Analogias”, os alunos insistiram em uma imagem ou desenho do átomo, demonstrando, além da dificuldade de abstração, uma dificuldade de compreensão do modelo atômico de Thomson através das relações com o “pudim de passas”. Isso nos leva a refletir que, se esta analogia realmente contribuísse para que os alunos elaborassem modelos mentais coerentes com o científico, essa solicitação recorrente dos alunos ao professor de um modelo expresso em forma de imagem seria atenuada, podendo ocorrer apenas no sentido de confirmar a adequação de suas representações mentais.

Como discutido anteriormente, consideramos as ideias gerais presentes nas etapas do TWA sua principal potencialidade com relação ao uso guiado de analogias no contexto das salas de aula de Ciências. Em especial, o apontamento da necessidade de um mapeamento explícito e de identificação das limitações de uma analogia. Identificamos como a principal deficiência deste modelo o fato de ele não ser fundamentado na ideia da proposição/seleção de análogos pelos próprios alunos.

Acreditamos ser esse o principal problema do modelo TWA, na medida em que consideramos que as analogias podem auxiliar no ensino de Ciências, principalmente, através de sua função criativa, se refere, de acordo com o próprio Glynn et al. (1989), ao auxílio das analogias 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 alunos estejam envolvidos em todas as etapas de sua elaboração e discussão, algo consonante com trabalho como o de Wong (1993, apud MONTEIRO; JUSTI 2008).

Infelizmente, essa proposição não é uma ideia central do TWA. Ele é um modelo centrado no professor que atua como guia da utilização de analogias já propostas ou de suas analogias.

Como aponta Pittman (1998, apud MONTEIRO; JUSTI, 2008) a criação de analogias pelos alunos também é um método eficaz para que o professor avalie o aprendizado dos

alunos. Desde modo, o professor pode, inclusive, perceber as concepções alternativas deles. Parte desses apontamentos dos autores foi evidenciado por nós na questão em que sugerimos ao aluno a elaboração de um novo análogo para o modelo atômico de Thomson, este momento foi importante para percebermos as ideias deles sobre o alvo, como a existência de uma película envolvendo o átomo, expressa através de uma laranja como análogo.

Em síntese, ponderamos que o modelo TWA pode potencializar o uso de analogias no contexto de ensino, contornando o problema do uso espontâneo e irrefletido destas. Porém, julgamos como uma grande falha deste modelo o fato de não explorar a função criativa das analogias através de sua elaboração pelos próprios alunos, pois é nesse processo que as analogias poderiam cumprir de maneira mais eficaz seu papel de modelo de ensino.

7. IMPLICAÇÕES

Diante dos resultados deste trabalho, acreditamos que ele possa contribuir para que os professores de Ciências reflitam sobre o significado do uso de analogias como modelos de ensino em suas salas de aula.

Destacamos também a contribuição deste para um conhecimento aprofundado sobre analogia entre o “pudim de passas” e o modelo atômico de Thomson e seus efeitos no ensino. Isto pode favorecer a reflexão dos professores sobre a importância de desenvolver seu conhecimento de conteúdo e de avaliar criticamente os materiais didáticos que utiliza. Além disso, o aprofundamento de seus conhecimentos sobre a história do desenvolvimento do modelo atômico de Thomson pode auxiliá-lo na criação de novos análogos para trabalhar este modelo e na exploração dos possíveis análogos criados por seus alunos.

Consideramos que novas pesquisas podem surgir na busca de reconhecer o entendimento dos professores sobre as analogias em geral e a analogia do “pudim de passas” em específico. E, finalmente, julgamos que possa trabalhar no levantamento de um novo modelo que vise à função criativa da analogia como um dos pontos centrais de seu uso no ensino de Ciências.

ANEXOS

Anexo 1. Questionário inicial

Prezado aluno,

Este questionário faz parte de uma pesquisa feita na Universidade Federal de Ouro Preto. Gostaríamos de pedir a colaboração de todos para que sejam claros e forneçam respostas o mais detalhadas possível. Nosso objetivo com esse questionário é conhecer melhor suas ideias e opiniões para melhorar o ensino de Química.

Nome:

Idade:

Questão 01.

a) Descreva como você entende o modelo atômico de Thomson.

b) Expresse as ideias do item 1a) através de um desenho.

Questão 02.

a) Descreva como você imagina um “pudim de passas”.

b) Expresse as ideias do item 2a) através de um desenho.

Questão 03. Cite as semelhanças e as diferenças que você identifica entre um “pudim de passas” e o modelo atômico de Thomson.

SEMELHANÇAS	
DIFERENÇAS	

Questão 04. A comparação feita entre o “pudim de passas” e o Modelo Atômico de Thomson ajuda você a compreender melhor as características do Modelo de Thomson?

a) Se sim, como?

b) Se não, por quê?

Anexo 2. Questionário final

Prezado aluno,

Este questionário faz parte de uma pesquisa feita na Universidade Federal de Ouro Preto. Gostaríamos de pedir a colaboração de todos para que sejam claros e forneçam respostas o mais detalhadas possível. Nosso objetivo com esse questionário é conhecer melhor suas ideias e opiniões para melhorar o ensino de Química.

Nome:

Idade:

Questão 01. Pensando em nossas discussões nas atividades anteriores, quais as semelhanças e as limitações você identifica entre os sistemas comparados “*pudding* de passas” ou “*plum pudding*” (versão inglesa) e modelo atômico de Thomson?

Questão 02. Explique o fato de que, ao atritarmos uma régua de plástico no cabelo e, em seguida, a aproximarmos de pequenos pedaços de papéis, estes são atraídos por ela? Se achar que a analogia com o “*pudding* de passas” pode facilitar sua explicação, utilize-a em sua resposta a essa questão.

Questão 03. O que você poderia propor para melhorar a analogia entre o “*pudding* de passas” e o modelo atômico de Thomson? (Sinta-se à vontade se desejar propor uma analogia completamente nova para o átomo de Thomson).

Anexo 3. Planejamento da aula “Ensinando com Analogias”

OBJETIVO DA AULA

Trabalhar do modelo atômico de Thomson a partir da analogia com o “pudim de passas”, segundo as seis etapas do modelo TWA proposto pelo autor Glynn para se desenvolver uma analogia no contexto de ensino.

CONTEXTO DE ENSINO

Característica da turma: (número de alunos, ano escolar, turno, perfil da turma)

Características gerais da professora⁹ e da interação que estabelece com os alunos:

Características gerais¹⁰ da escola:

SÍNTESE DOS EVENTOS

EVENTO	DESENVOLVIMENTO
1	Pré-teste: sondagem das ideias prévias
2	Revisão do conceito (Modelo Atômico de Thomson)
3	Introduzir o conceito análogo
4	Identificar os aspectos relevantes do Modelo Atômico e do análogo “Pudim de passas”
5	Sistematizar em um quadro as características semelhantes do Modelo e do Pudim
6	Identificar as limitações da analogia
7	Fechamento aula: conclusões sobre o alvo (1ª parte)
8	Atividade avaliativa: conclusões sobre o alvo (2ª parte)

⁹ Informações coletadas durante desenvolvimento dos eventos.

¹⁰ Informações coletadas durante desenvolvimento dos eventos.

DESCRIÇÃO DOS EVENTOS

EVENTO 1- Pré-teste: sondagem das ideias prévias

Com intuito de sondar as ideias iniciais dos alunos sobre modelo atômico de Thomson e sobre o análogo “pudim de passas”, será utilizado um questionário inicial (Anexo 1).

EVENTO 2- Revisão conceito modelo atômico de Thomson

[discurso não-interativo/de autoridade] Os cientistas trabalham testando hipóteses, através de tentativas e erros, para a construção da ciência. Como já estudado anteriormente, houve neste sentido uma evolução do modelo atômico. Este foi reformulado por vários membros da comunidade científica. Embora filósofos gregos da antiguidade e mesmo antes deles já se falasse em átomos, Dalton propôs o primeiro modelo científico para o átomo. Como vocês já viram, ele propôs que o átomo era como uma esfera, indivisível e maciça. Quase cem anos depois desta proposta inicial de Dalton, veio a do cientista Thomson. Através de experimentos (como o que levou à descoberta do elétron pelo próprio Thomson) e teste de hipóteses sobre a estrutura do átomo, ele propôs um modelo atômico esférico (concordando com a ideia de Dalton), porém ele não seria indivisível [discurso não-interativo/ dialógico]. Thomson acrescenta ainda, que esta esfera seria carregada positivamente e nela estariam dispersos os elétrons. Sendo assim, a carga total do átomo seria nula, de acordo com esse modelo.

[discurso não-interativo/de autoridade] Como dito, a carga total do átomo seria nula, pois os elétrons presentes seriam suficientes para anular a carga positiva da massa. A massa dos elétrons, segundo ele, seria muito menor que a do átomo. Isso significa que a massa total de um átomo não é significativamente influenciada pela massa dos elétrons.

[discurso interativo/dialógico] Quando estudamos o modelo atômico de Thomson nós geralmente fazemos uso de uma analogia. Analogia é um tipo de comparação entre dois sistemas com intuito de identificar as semelhanças entre eles. Porém, como ocorre em toda comparação, existem aspectos que não podem ser comparados. Estes aspectos serão chamados de limitações. Qual é esta analogia que utilizamos quando estudamos o modelo atômico de Thomson?

EVENTO 3- Introduzir o conceito análogo

[discurso interativo/dialógico] Neste momento pretendo pedir que um aluno exprima seu desenho no quadro para que se iniciem as discussões a respeito do análogo (pudim de passas). Os aspectos iniciais que serão abordados nesta discussão serão: o formato do pudim tal como o conhecemos (com uma abertura central) e o fato das passas estarem dispersas em toda a extensão do pudim. Ressaltarei também que a massa das passas é muito menor se comparada a do pudim, e que, portanto, a massa total do pudim não é muito influenciada pela massa das

passas. Após este momento, irei contrastar o pudim conhecido por nós com o “*plum pudding*” na versão original inglesa, afim de que os alunos percebam as diferenças entre o pudim brasileiro o pudim inglês que foi utilizado como análogo na analogia. Neste momento serão destacados, a inexistência da abertura, o achatamento do “*plum pudding*” e a dispersão das passas por toda extensão deste.

EVENTO 4 - Identificar os aspectos relevantes do análogo “Pudim de passas” e do Modelo Atômico (alvo)

[discurso interativo/dialógico] A partir das ideias sobre o modelo de Thomson e do desenho de consenso do “pudim de passas” (inglês), fazer a identificação das relações entre eles:

- As passas dispersas por toda extensão do pudim. E no caso do modelo atômico de Thomson? (Resposta esperada/a ser trabalhada: os elétrons estão dispersos por toda extensão do átomo).
- Ao se fazer um corte no “*plum pudding*”, as passas estarão dispersas homogeneamente pela massa do pudim, como vimos na foto. Se fizéssemos um corte imaginário na extensão do átomo de Thomson o que "observaríamos"¹¹? (Resposta esperada/a ser trabalhada: de acordo com esse modelo, os elétrons estariam dispersos em todo o átomo, o que inclui a parte superior deste).
- No “*plum pudding*” a massa se encontra distribuída de maneira uniforme. E no caso do modelo atômico de Thomson? (Resposta esperada/a ser trabalhada: distribuição uniforme da parte positiva do átomo).
- No “*plum pudding*” a massa das passas é menor se comparada com a massa total do pudim. E no caso do modelo atômico de Thomson? (Resposta esperada/a ser trabalhada: a massa do elétron é menor se comparada com a massa total do átomo).

¹¹ Ressaltar que o átomo não pode ser visto e que se trata de um processo de imaginação.

EVENTO 5 e 6- Sistematizar em um quadro das características semelhantes e limitações do Modelo e do Pudim

[discurso interativo/dialógico]	Pudim de passas (<i>“plum pudding”</i>)	Modelo atômico de Thomson
SEMELHANÇAS	Passas dispersas por toda extensão do pudim.	Elétrons dispersos por toda extensão do átomo.
	Massa se encontra distribuída de maneira uniforme (homogênea).	Parte positiva uniformemente distribuída no átomo.
	Massa das passas é menor em relação à massa do pudim.	Massa dos elétrons é menor em relação à massa positiva do átomo.
LIMITAÇÕES	Formato achatado do pudim.	Formato esférico do átomo.
	Massa do pudim possui cor diferente das passas (nível macroscópico).	Cores inexistentes no átomo (nível submicroscópico)
	Massa de um pudim possui composição e consistência distintas da massa de um átomo.	

EVENTO 7- Fechamento aula: conclusões sobre o alvo (1ª parte)

[Discurso interativo/de autoridade] Ao fechar a aula serão sintetizados os conhecimentos sobre o modelo de Thomson através da analogia.

Como vimos, o modelo atômico proposto por Thomson pode ser comparado a um pudim de passas inglês. Quais são as semelhanças mais importantes nessa comparação? (Resposta esperada: as passas estão distribuídas por toda parte no pudim, assim como os elétrons no modelo atômico; existe uma distribuição uniforme da massa do pudim assim como da massa do átomo; a massa das passas é muito menor que massa do pudim, assim como a massa positiva do átomo é maior que a massa total dos elétrons).

Como dito anteriormente, com intuito de compreendermos melhor o alvo (um conceito da ciência, por exemplo) usamos analogias, um tipo de comparação entre dois sistemas. Assim, quais são as limitações, aspectos que não podem ser comparados, na analogia entre o átomo de Thomson e o *“plum pudding”*? (Resposta esperada: massa do pudim com cor diferente das passas e cores inexistentes no átomo; as massas de um átomo e de um pudim possuem composição e consistência distintas; o formato achatado do pudim é diferente do formato esférico do átomo).

[Discurso interativo/dialógico] O que o modelo de Thomson tem de diferente do modelo de Dalton? (Resposta esperada/a ser trabalhada: os elétrons e a parte homogênea positiva).

[Discurso não-interativo/de autoridade] O modelo atômico de Thomson nega, então, a ideia de átomo indivisível e introduz a ideia de natureza elétrica, explicando fenômenos como eletrização por atrito e a formação de íons.

EVENTO 8- Atividade avaliativa: conclusões sobre o alvo (2ª parte)

Será utilizado um questionário final (Anexo 2) com intuito de avaliar possíveis conclusões estabelecidas pelos alunos acerca do modelo atômico de Thomson após envolvimento nessas atividades de ensino via analogia, fundamentadas no TWA.

Anexo 4. Imagem do “*plum pudding*” (Figura 10)



Figura 10 – Pudim de passas inglês

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOULTER, C.; BUCKLEY, B. Constructing a typology of models for science education. *Developing Models in Science Education*. Dordrecht: Kluwer, p. 41-57, 2000.
- CARVALHO, N. B.; JUSTI, R. S. Papel da analogia do “mar de elétrons” na compreensão do modelo de ligação metálica. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 24, 2005.
- DRIVER, R.; ASOKO, H.; LEACH, J.; MORTIMER, E.; SCOTT, P. Construindo conhecimento científico na sala de aula. *Química Nova na Escola*, v. 9, p. 31-40, 1999.
- DUIT, R. On the role of analogies and metaphors in learning science. *Science education*, p. 649-672, 1991.
- DUIT, R.; TREAGUST, D.F. Conceptual change: a powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, n. 25, p. 671-688, 2003.
- GILBERT, J.; BOULTER, C.; ELMER, R. Positioning models in science education and in design and technology education. *Developing Models in Science Education*, p. 3-17, 2000.
- GIORA, H.; GOLDSTEIN, B. R.; J. J. Thomson’s plum-pudding atomic model: The making of a scientific myth. *Wiley: online library*, v. 9, n. 8, p. 129-133, 2013.
- GLYNN, S. M. Conceptual bridges: Using analogies to explain scientific concepts. *The Science Teacher*, v. 62, n. 9, p. 25-27, 1995.
- GLYNN, S. M. Explaining science concepts: a teaching-with-analogies model. *The Psychology of Learning Science*. Hillsdale, In S. M. Glynn, R. H. Yearny & B. K. Britton (Eds.), N. J.: Lawrence Erlbaum, p. 219-240, 1991
- GLYNN, S. M. The Teaching-With- Analogies Model: Build conceptual brigdes with mental models. *Science and Children*, p. 52-55, 2007.
- GLYNN, S. M.; BRITON. B. K.; SEMRUD-CLIKEMAN, M.; MUTH, K. D. Analogical reasoning and problem solving in science textbooks. *A handbook of creativity: Assessment, research and theor*, New York: Plenum, p. 383-398, 1989.
- JUSTI, R. Modelos e modelagem no ensino de química: Um olhar sobre aspectos essenciais pouco discutidos. *Ensino de Química em Foco*, Ijuí: Unijuí, 2010.
- JUSTI, R.; GILBERT, J. History and philosophy of science through models: some challenges in the case of ‘the atom’. *International Journal of Science Education*, v. 22, n. 9, p. 993-1009, 2000.
- JUSTI, R.; MENDONÇA, P. C. C. Usando analogias com função criativa: uma nova estratégia para ensino de química. *Educació Química*. n. 1, p. 24-29, 2008.
- KOSMINSKY, L.; GIORDAN, M. Visões de Ciências e Sobre Cientista Entre Estudantes do Ensino Médio. *Química Nova na Escola*, n. 15, 2002.
- LOPES, A. R. C. Contribuições de Gaston Bachelard ao ensino de ciências. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 11, n. 3, p. 324-330, 1993.

- LOPES, A. R. C. Livros didáticos: Obstáculos ao Aprendizado a Ciência Química. *Química Nova*, p. 254-261, 1992.
- LOPES, A. R. C. Livros didáticos: obstáculos verbais e substancialistas ao aprendizado da ciência química. *Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos*. Brasília, v. 74, n. 177, p. 309-334, 1993.
- LOPES, C. V. M.; MARQUES, D. M. Modelos atômicos de J. J. Thomson e Ernest Rutherford. História da ciência: tópicos atuais 2. Pinto Trindade, São Paulo, p. 131-158, 2010.
- LOPES, C. V. M.; MARTINS, R. A. J. J. Thomson e o uso de analogias para explicar os modelos atômicos: o 'pudim de passas' nos livros texto. *VII Enpec*, novembro, 2009. ISSN: 21766940
- MELO, M. R.; NETO, E. G. L. Dificuldades de Ensino e Aprendizagem dos Modelos Atômicos em Química. *Química Nova na Escola*, v. 35, n. 2, p. 112-122, 2013
- MONTEIRO, I. G.; JUSTI, R. S. Analogias em livros didáticos de Química brasileiros destinados ao ensino médio. *Investigações em Ensino de Ciências*, p. 1-18, 2000.
- MORTIMER, E. F. Concepções atomistas dos estudantes. *Química Nova Escola*, n. 1, p. 23-26, 1995.
- MORTIMER, E. F. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos. *Investigações em ensino de ciências*, v. 1, n. 1, p. 20-39, 1996.
- MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. *Investigações em ensino de ciências*, v. 7, n. 3, p. 283-306, 2002.
- MOZZER, N. B.; JUSTI, R. C.; Papel da analogia do "mar de elétrons" na compreensão do modelo de ligação metálica. *Ensenanza de las ciencias*, p. 1-4, 2005.
- MOZZER, N. B.; JUSTI, R. Students' pre- and post-teaching analogical reasoning when they draw their analogies. *International Journal of Science Education*, v. 34, n. 3, p. 429-458, 2012.
- MUNARIN, K. O.; MUNARIN, E. E. O. Uma análise crítica das analogias "bola de bilhar", "pudim de passas" e "sistema solar" utilizadas para o ensino de química em modelos atômicos. Encontro Nacional de Ensino de Química, XIV, Curitiba. *Anais do XIV Encontro Nacional de Ensino de Química*, 2008. Disponível em: <http://www.quimica.ufpr.br/eduquim/eneq2008/resumos/R0588-1.pdf>. Acesso em: 17 de maio de 2014.
- SOUZA, V. C. A.; JUSTI, R. C.; FERREIRA, P. F. M. Analogias utilizadas no ensino dos modelos atômicos de Thomson e Bohr: Uma análise crítica sobre o que os alunos pensam a partir delas. *Investigação em ciência*, v. 11, n. 1, p. 7-28, 2006.
- TREAGUST, D. F.; HARRISON, A. G. Teaching with Analogies: A Case Study in Grade-10 Optics. *Journal of research in science teaching*, v. 30, n. 10, p. 1291-1307, 1993.