BRUNO MAIA DO PRADO

O USO DE ANALOGIAS COMO FERRAMENTAS DIDÁTICAS PARA O ENSINO DE CÁLCULOS ESTEQUIOMÉTRICOS

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Química em Rede Nacional, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2019

Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa

T

P896u
2019

Prado, Bruno Maia do, 1985-
O uso de analogias como ferramentas didáticas para o ensino de cálculos estequiométricos / Bruno Maia do Prado. – Viçosa, MG, 2019.
vi, 52f. : il. ; 29 cm.

Inclui apêndices.
Orientador: Poliana Flávia Maia.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Referências bibliográficas: f.31-34.

1. Estequiometria. 2. Analogia. 3. Aprendizagem. I. Universidade Federal de Viçosa. Campus UFV - Florestal. Programa de Pós-Graduação em Química. II. Título.

CDD 22 ed. 541.26

BRUNO MAIA DO PRADO

O USO DE ANALOGIAS COMO FERRAMENTAS DIDÁTICAS PARA O ENSINO DE CÁLCULOS ESTEQUIOMÉTRICOS

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Química em Rede Nacional, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 29 de junho de 2019.

Thiago Mendonça

Efraim Lázaro Reis

Poliana Flávia Maia
(Orientadora)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, que em sua infinita sabedoria colocou força em meu coração para vencer essa etapa da vida. A fé no Senhor, sem dúvidas, me ajudou a lutar até o fim.

Aos meus pais, pelo apoio, força e disposição sempre dispensados.

À Izabelle, exímia companheira, que jamais me negou carinho, apoio e incentivo. Obrigado por me amparar nos momentos de estresse e ansiedade. O amor e os momentos felizes que você me proporcionou fizeram a diferença.

À Poliana, grande professora e orientadora, pela confiança e dedicação. Por exigir de mim mais do que eu imaginava ser capaz. Obrigado por compartilhar sua sabedoria e experiência.

Ao Efraim, nosso coordenador e incentivador, pela disposição, atenção e carinho com todos durante todo o curso.

Aos alunos, que gentil e carinhosamente cederam seu precioso tempo e aceitaram participar desse trabalho.

À Tia Bebel, Son, Nanda, Ton e Bel, pelo acolhimento, incentivo e motivação durante a trajetória.

"Fale e eu esquecerei, mostre e talvez recordarei, envolva-me e aí aprenderei."

(Confúcio, 950 a. C.)

SUMÁRIO

RESUMO.....v

ABSTRACT.....vi

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....1

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....3

2.1 O estudo dos cálculos estequiométricos.....3

2.2. O uso de analogias como estratégia de ensino.....6

2.2.1 A estrutura das analogias e seu potencial para o ensino de ciências/química.....6

2.2.2 O uso de analogias e a atuação docente.....12

2.2.3 O uso de analogias para o ensino de estequiometria.....13

3. OBJETIVOS.....14

4. METODOLOGIA.....15

5. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....19

6. CONCLUSÃO.....29

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....31

Apêndice A – PROPOSTA DE ATIVIDADES DE ENSINO.....35

Apêndice B – QUESTIONÁRIO 1 (PRÉ TESTE).....38

Apêndice C – QUESTÕES DE CONTEÚDO QUÍMICO.....39

Apêndice D – ENTREVISTA.....35

Apêndice E – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO DESTINADO À DIREÇÃO DA ESCOLA.....42

Apêndice F – TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO DESTINADO AO ALUNO.....45

Apêndice G – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO DESTINADO AO RESPONSÁVEL PELO ALUNO.....49

RESUMO

PRADO, Bruno Maia do, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, junho de 2019. **O uso de analogias como ferramentas didáticas para o ensino de cálculos estequiométricos.** Orientadora: Poliana Flávia Maia.

A Química é uma disciplina que apresenta diversos conteúdos abstratos, sobre os quais os estudantes apresentam grandes dificuldades. Dentre esses conteúdos podemos citar a Estequiometria, que é de fundamental importância para a compreensão das relações quantitativas e previsão sobre as transformações químicas. Ao mesmo tempo, a estequiometria tem sido considerada pelos estudantes um dos conteúdos mais difíceis da química, em que os mesmos frequentemente apresentam baixo rendimento, de acordo com pesquisas na área. A necessidade de promover um ensino desse conteúdo de forma mais significativa para os estudantes, isto é, em que eles consigam desenvolver o raciocínio matemático com as grandezas envolvidas nas reações químicas, levou ao desenvolvimento desse trabalho. A partir disso buscou-se trabalhar o conteúdo a partir de uma atividade de ensino pautada no uso de analogias. O uso de analogias para o ensino de química tem sido amplamente investigado e defendido em diversas pesquisas. Essas são consideradas ferramentas facilitadoras para o desenvolvimento da aprendizagem dos estudantes, por possibilitar a transferência de raciocínios e relações de contextos familiares ao estudante para um contexto não familiar. Para o desenvolvimento do trabalho buscamos identificar as dificuldades apresentadas pelos estudantes, tanto a partir de uma revisão da literatura quanto por meio de questionários aplicados a uma amostra de sujeitos. Os participantes da pesquisa foram estudantes do Ensino Médio de uma escola particular de Belo Horizonte-MG que já haviam aprendido o conteúdo. O produto final consistiu em uma proposta de atividade que relacionam dois domínios: o familiar (domínio análogo) e o abstrato ou não familiar (domínio alvo); para a solução de problemas de estequiometria. Foi observado o desenvolvimento do conhecimento dos estudantes em relação ao tema, indicando a contribuição das atividades para a aprendizagem. A condução do professor para a aplicação das atividades se mostrou fundamental no mapeamento entre domínios e, consequentemente, na transferência das relações entre os mesmos.

ABSTRACT

PRADO, Bruno Maia do, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, June, 2019. **The use of analogies as didatic resources tor teaching stoichiometry.** Advisor: Poliana Flávia Maia.

Chemistry is a discipline that presents several abstract contents, on which students present many difficulties. Among these contents we can mention the stoichiometry, which is fundamental for the understanding of quantitative relations and prediction about the chemical transformations. At the same time, stoichiometry has been considered by students as one of the most difficult contents in chemistry, where they often have poor performance, according to research in the field. The need to promote a more meaningful teaching of this content to students, that is, to develop mathematical reasoning with the greatness involved in chemical reactions, has led to the development of this work. From this it was sought to work the content from a teaching activity based on the use of analogies. The use of analogies for the teaching of chemistry has been widely investigated and defended in several researches. They are considered facilitating tools for the development of students learning, by enabling the transfer of reasoning and relationships from a familiar contexts to the student to an unfamiliar context. For the development of the work, we sought to identify the difficulties presented by the students, both from a literature review and through questionnaires applied to a sample of subjects. The research participants were secondary school students from a private school in Belo Horizonte-MG who had already learned the content. The final product consisted of a proposal of activity that related two domains: the familiar (analog domain) and the abstract or unfamiliar domain (target domain); for the solution of problems of stoichiometry. It was observed the development of the students knowledge regarding the theme, indicating the contribution of the activities to the learning. The conduction of the teacher to the application of the activities was shown to be fundamental in the mapping between domains and, consequently, in the transference of the relations between them.

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Historicamente, o ensino de ciências tem se pautado em sequências didáticas que visam à fixação da aprendizagem a partir de definições e exemplificações (LIMA *et al.*, 2000). Entretanto, ainda de acordo com Lima *et al.* (2000), essa forma de ensinar ciências apresenta uma falsa imagem de sucesso escolar, isto é, o ensino de química tem sido muito restrito à transmissão de conceitos e leis que exigem dos estudantes a capacidade de memorizar tais explicações, sem que eles desenvolvam seus conhecimentos em química de forma aplicada e contextualizada. Dessa forma, as metodologias de ensino mais tradicionais, baseadas no modelo de transmissão, pouco contribuem para a construção do conhecimento dos estudantes, sendo necessário que novas metodologias sejam desenvolvidas e aplicadas em sala de aula, com o objetivo de promover a aprendizagem em química.

Um dos conteúdos químicos que frequentemente tem sido associado a dificuldades de aprendizagem por parte dos estudantes é a estequiometria, especialmente pela falta de compreensão dos conceitos envolvidos e uso mecânico de algoritmos (SILVA e SANTOS, 2013; KIMBERLIN e YEZIERSKY, 2016; GOMES e MACEDO, 2007). Trata-se de um conteúdo importante para a continuidade do ensino de química. Muitos outros conteúdos necessitam da compreensão das equações que representam os processos e também de suas relações quantitativas. Contudo, o estudo de cálculos estequiométricos é temido pela maioria dos estudantes, seja pela interpretação, pelas relações químicas ou pelos cálculos matemáticos, eles se atrapalham na resolução de exercícios e problemas relacionados ao tema. Assim, é de extrema importância a criação de propostas de ensino que tenham como objetivo uma melhor compreensão por parte dos estudantes sobre o conteúdo estequiometria.

Uma ferramenta de ensino muito utilizada quando o assunto é o ensino de ciências é o uso de analogias. Existem diferentes definições para analogia, entretanto em todas elas se reconhece a ideia de comparação entre o conhecido e o desconhecido ou pouco conhecido (FRANCISCO JUNIOR, 2009). As analogias têm o potencial de contribuir para que os estudantes possam transferir para um novo contexto, ainda não conhecido, conhecimentos e relações que são familiares

a eles. Dessa forma, é possível reduzir o grau de abstração e dificuldades inerentes ao trabalho com um novo domínio.

É importante compreender que o uso desta ferramenta deve ser precedido de um bom planejamento e estruturação por parte do professor. O análogo deve ser realmente familiar para o estudante. Conhecendo suas potencialidades e limitações, a transição entre os domínios podem contribuir para o alcance de um melhor aproveitamento no ensino e desenvolvimento cognitivo do estudante.

Além da importância e das dificuldades apresentadas pelos estudantes nos cálculos estequiométricos e as possíveis contribuições do uso de analogias como ferramenta de ensino, a escolha do tema tem um caráter pessoal para o pesquisador. Professor de Química de turmas dos três anos do ensino médio, sempre utilizou e acreditou nas vantagens do uso de analogias no ensino de ciências. Inclusive, a proposta de atividade de ensino que será apresentada neste trabalho já é utilizada há anos em suas aulas, e apresentou resultados satisfatórios com seus alunos. É importante ressaltar que o desenvolvimento deste trabalho foi muito importante para a formação do pesquisador para que conhecesse as vantagens, limitações, estratégias e planejamentos para que o uso das analogias possa contribuir de maneira eficiente na construção do conhecimento.

Nesse contexto, o presente trabalho visa empregar analogias para promover o desenvolvimento dos conhecimentos dos estudantes em um tema de grande dificuldade no ensino de química: estequiometria. Nessa proposta, propõe-se desenvolver, aplicar e avaliar o uso de analogias nesse contexto.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 O estudo dos cálculos estequiométricos

No ensino de Química, os cálculos estequiométricos estudam as quantidades das substâncias envolvidas em uma reação (reagentes e produtos). A palavra estequiometria, de origem grega (*stoicheon* = elemento e *metron* = medida), foi utilizada por Richter em 1792, tendo sua referência associada às medidas dos elementos químicos nas substâncias (GOMES e MACEDO, 2007). Atualmente, o termo aborda as informações quantitativas relacionadas às fórmulas das substâncias e equações químicas.

Os cálculos estequiométricos se mostram muito importantes principalmente em laboratórios e nas indústrias, onde é necessário conseguir um maior rendimento possível das reações. No entanto, o conhecimento sobre o tema pode ser aplicado em diversas situações do cotidiano. A compreensão do uso de diferentes combustíveis, as doses prescritas de diversos medicamentos, a reciclagem de lixo doméstico, são exemplos de situações que requerem um conhecimento do tema abordado.

Outra importância do estudo de cálculos estequiométricos é que eles estão diretamente relacionados com outras disciplinas escolares. De acordo com Pio (2006), os cálculos estequiométricos utilizam a linguagem Física (no uso e conversão de unidades de medida no Sistema Internacional) e a linguagem Matemática (aritmética e proporções). Dentro da própria Química, diversos outros conteúdos dependem dos conceitos e da compreensão dos cálculos estequiométricos, por exemplo: é impossível estudar a capacidade calorífica e o potencial poluidor de um combustível, em Termoquímica, sem saber estabelecer as relações estequiométricas; no estudo de Equilíbrio Químico, os conceitos estequiométricos de reagente em excesso, reagente limitante e as leis ponderais são essenciais. Sendo assim, o estudo da estequiometria pode ajudar na compreensão de outros conteúdos ou ainda ser facilitado pelos mesmos.

De uma maneira geral, a compreensão dos diversos aspectos envolvidos sobre o tema subsidia a tomada de decisões que requerem a intervenção crítica do estudante/cidadão. O conhecimento científico é muito importante para o

desenvolvimento cultural de qualquer cidadão. Os cálculos estequiométricos podem contribuir para uma melhor compreensão da relevância da Química na nossa vida, no entendimento da proporcionalidade presente nos processos tecnológicos, na preparação de alimentos, de medicamentos, no preparo de soluções domésticas, entre outros. Esse é um conhecimento que pode favorecer uma maior compreensão da sociedade na qual se está inserido, suas transformações e seus desenvolvimentos tecnológicos (DRIVER *et al.*, 1999).

Apesar de sua importância, muitos estudantes apresentam grandes dificuldades e resistência em relação ao tema. Estudos apontam problemas conceituais por parte dos estudantes do mundo todo na aprendizagem de cálculos estequiométricos (SANTOS e SILVA, 2013; KIMBERLIN e YEZIERSKY, 2016; GIUNTA, 2016; ASTUDILLO e NIAZ, 1996; SCHMIDT, 1997; GOMES e MACEDO, 2007; SAVOY, 1988; ANDERSON, 1990; HUDDLEY e PILLAY, 1996). Diante deste fato, muitos autores têm se dedicado à compreensão das razões pelas quais os estudantes cometem diversos equívocos em relação ao tema (SANTOS e SILVA, 2013).

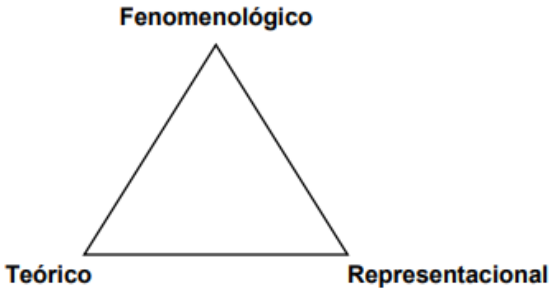
Gomes e Macedo (2017) apresentam em seu trabalho resultados de questionários realizados com cerca de 100 estudantes de química do ensino médio regular, curso técnico em química e pré-vestibular. Com exceção dos estudantes do curso técnico em química, a maioria afirmou não gostar do tema estequiometria. Justificam esse sentimento com argumentos pautados na insatisfação com a forma que o professor trabalha o conteúdo, por não enxergarem aplicação do tema em seu dia a dia ou até mesmo pela falta de atividades experimentais que envolvam os cálculos estequiométricos.

Segundo Savoy (1988), Anderson (1990) e Huddley e Pillay (1996), uma das razões que causam insucesso por parte dos alunos é a dificuldade de transição entre os níveis microscópicos, submicroscópicos e simbólico de interpretação da matéria. Os estudantes até compreendem tais níveis separadamente, mas sentem dificuldade em transitar entre esses níveis.

Para Mortimer *et al.* (2000), um possível problema no ensino de Química que contribui para as dificuldades citadas é o destaque no aspecto representacional, não dando destaque aos fenômenos presentes no ambiente, fazendo com que os estudantes acreditem que os símbolos e fórmulas são reais, e não um modelo de

representação da matéria. Os autores organizaram os aspectos do conhecimento químico em um triângulo, enfatizando suas inter-relações.

Figura 1 - Aspectos do Conhecimento Químico



Fonte: Mortimer et al. (2000, p. 277)

Para uma melhor compreensão por parte dos estudantes, é necessário trabalhar os três aspectos do conhecimento químico, fazendo uma relação entre o teórico, o representacional e o experimental ou fenomenológico.

Astudillo e Niaz (1996) e Giunta (2016) apontam que grande parte dos estudantes confunde as relações entre mol, quantidade de matéria e número de Avogadro. Segundo Rogado (2000), os alunos apresentam grandes dificuldades na distinção entre quantidade de matéria e massa. Lourenço e Marcondes (2003) verificaram que a maioria dos alunos define mol como unidade de massa e não de quantidade de matéria. Garcia et al. (1990), em seu trabalho, sinalizam que os estudantes não compreendem as relações estabelecidas entre quantidade de matéria e outras grandezas, mas demonstram entender que quantidade de matéria é uma unidade de medida que expressa a quantidade das substâncias, assim como massa e volume. Os autores ainda relatam que os estudantes apresentam dificuldades nos significados das relações estequiométricas em uma reação química.

Outro aspecto que dificulta a compreensão do tema e a resolução de problemas relacionados é o fato de que alguns estudantes apresentam deficiências nos conceitos básicos de Matemática. De acordo com Costa e Souza (2013), sem saber as relações de proporção e regras de três, os alunos passam a sentir dificuldades em Química. Segundo Kimberlin e Yeziersky (2016), os estudantes não compreendem os conceitos de índice, coeficiente, balanceamento de

equações. Outros até compreendem tais conceitos, porém não são capazes de aplicá-los nos problemas, nas práticas laboratoriais, nas indústrias, entre outros contextos.

Esses estudos remetem a uma discussão acerca da necessidade de um maior empenho por parte dos educadores, de modo geral, para o desenvolvimento de novas ferramentas que sejam capazes de auxiliar na compreensão do conteúdo, possibilitando uma aprendizagem mais contextualizada. É importante a utilização de instrumentos que favoreçam o levantamento de ideias prévias dos estudantes, que sejam capazes de instigá-los a refletir, discutir, proporcionando-lhes uma significativa construção do conhecimento.

2.2. O uso de analogias como estratégia de ensino

Em vista das dificuldades mencionadas no estudo de cálculos estequiométricos, os estudantes acabam tendo menos interesse na compreensão do assunto. Portanto, é de suma importância o desenvolvimento de novas metodologias que possam facilitar a aprendizagem e aumentar o engajamento por parte deles. O uso de analogias como modelo de ensino pode ser uma ferramenta importante para o desenvolvimento dos conhecimentos dos estudantes.

O uso de analogias como ferramenta de ensino foi muito criticado (NAGEM *et al.*, 2003) pois, de acordo com os autores, muitos pesquisadores consideravam seu uso desnecessário, servindo apenas de apoio para mentes preguiçosas. Porém, esse tratamento radical vem sendo reavaliado nos últimos anos e muitas pesquisas têm corroborado o uso dessas na promoção da aprendizagem em ciências.

2.2.1 A estrutura das analogias e seu potencial para o ensino de ciências/química

Analogias são comparações entre domínios de conhecimentos que, entre si, mantém alguma semelhança. Segundo Duit (1991), uma analogia é uma comparação baseada em semelhanças entre estruturas de dois diferentes

domínios. Ainda segundo o autor, em uma perspectiva construtivista, são várias as potencialidades do uso desse recurso, como por exemplo: podem facilitar a compreensão do abstrato, apontando semelhanças com o mundo real; podem provocar o interesse dos alunos, motivando-os; forçam o professor a considerar o conhecimento prévio dos alunos.

De acordo com Mol (1999): “comparação é o ato de confrontar dois conceitos com o objetivo de elucidar um conceito em estudo (alvo), através de características semelhantes, a outro conceito (análogo)”. No entanto, para que sua utilização seja eficaz, deve apresentar um conteúdo familiar (domínio da analogia) aos estudantes e outro desconhecido por eles (domínio alvo) (CURTIS e REIGELUTH, 1984).

Para Alves (2004), analogia é um dos mais importantes artifícios do pensamento. Ele destaca a relevância das analogias no ensino:

> Nietzsche diz que, para se aprender a pensar, é preciso aprender a dançar. O pensamento são as ideias dançando. Há danças dos tipos mais variados, desde a marcha militar até o balé. A analogia é um passo da dança do pensamento. Pela analogia, o pensamento pula de uma coisa que ele conhece para uma coisa que não conhece. Aquilo que desconheço é “como” isso que conheço. “Como” não é a mesma coisa que “igual”. Na analogia eu não afirmo que aquilo é “igual” a isso. Digo que é “como”. É só parecido. A analogia não dá conhecimento preciso sobre o desconhecido – mas o torna familiar. Quando se conhece mesmo, de verdade, não é preciso fazer uso de analogias. Se conheço uma maçã, eu digo “maçã” e pronto. Não vou dizer que ela é “como” uma pêra redonda vermelha. Imagine agora o que deve ter acontecido com os brancos quando eles pela primeira vez se encontraram com os esquimós. Os esquimós não conheciam frutas. Lá é tudo gelo. Conversar sobre peixes era fácil. Os esquimós eram especialistas em peixes. Mas, se um branco resolvesse contar a história da Branca de Neve – aquele pedaço onde a madrasta envenenou a maçã? O que é maçã? Acho que se fosse comigo, eu diria que a maçã é algo que, por fora, é como o coração de uma foca, vermelho, e por dentro, é como neve fresca. Mas eu não teria como falar-lhes do cheiro e do gosto.

> As analogias, assim, não nos dão conhecimento exato. Elas nos introduzem no campo da familiaridade. Por isso os cientistas que acham que a ciência é conhecimento exato desprezam o uso das analogias.
>
> Mas o fato é que há uma infinidade de experiências que não podem ser comunicadas de forma científica – aquelas que não podem ser medidas e submetidas à estatística. Como comunicar, por meio de palavras precisas, o cheiro da maçã, ou a ternura de um olhar, a tristeza de um crepúsculo, o medo de morrer, o mistério da floresta, o fascínio do mar? As coisas impossíveis de serem comunicadas diretamente só podem ser comunicadas por meio das analogias. E é aí que surge a poesia, a linguagem das coisas que não podem ser ditas diretamente. (ALVES, 2004, p. 15-17)

Em consonância com as ideias apresentadas por Alves (2004), Justi (2008) afirma que o uso das analogias pode favorecer um "trânsito" melhor entre os conceitos prévios e desconhecidos, levando o indivíduo a reestruturar suas informações, formar novos esquemas ou acrescentar novas informações às já existentes. Dessa forma, o uso de analogias é importante para facilitar a aprendizagem de conceitos científicos, em que o aprendizado ocorrerá a partir do emprego de ideias familiares a situações não familiares.

Gonzáles (2005) considera que o raciocínio analógico está constituído pelos seguintes processos:

> 1. Recuperação e busca da informação relevante para a situação conhecida e familiar;
> 2. Representação mental do análogo;
> 3. Extrapolação entre o análogo e o alvo (extração de aspectos comuns ao análogo e ao alvo e avaliação das correspondências entre ambos);
> 4. Processamento da aprendizagem (aprendizagem e armazenamento das inferências obtidas).

Tais processos devem ser contemplados no processo de ensino, sendo fundamental que o professor atue na mediação dessas etapas, especialmente no

mapeamento entre as relações dos dois domínios. Gonzáles (2005) afirma ainda que é necessário buscar uma analogia plausível e adequada, respeitando alguns fatores, como a idade e os conhecimentos dos alunos, a complexidade de abstração e formalização, e que se evite o desenvolvimento de aprendizagens incorretas.

Segundo Carmo (2006), durante a interação do professor no processo de mediação, o uso de analogias pode ainda desenvolver capacidades cognitivas e facilitar a identificação das concepções alternativas dos estudantes, sendo destacado por esse autor que o desenvolvimento da linguagem analógica pode contribuir para uma aprendizagem mais significativa.

Diversos trabalhos foram elaborados fazendo o uso de analogias e também apresentando suas contribuições enquanto recurso didático para proporcionar uma melhor compreensão dos conceitos científicos por parte dos estudantes (HAIM et al., 2003). De acordo com Nagem *et al.* (2003), no contexto escolar, as analogias constituem um tipo de recurso que permite levar os estudantes a uma aprendizagem significativa, pois podem ajudar a compreender novas situações a partir de conhecimentos prévios e experiências vividas. São estratégias de ensino que contribuem para o processo de ensino e aprendizagem com modificação conceitual, ou seja, podem ajudar a reestruturar a memória já existente e prepará-la para novas informações. O emprego de uma analogia, além de facilitar a aprendizagem de um novo domínio, abre novas perspectivas de visão e, portanto, reestrutura o análogo.

Apesar do reconhecido potencial do uso de analogias para o ensino de ciências, deve-se destacar que alguns trabalhos têm analisado o uso das mesmas no ensino e identificado diversos problemas e limitações. Um desses estudos foi realizado por Monteiro e Justi (2000), que desenvolveram uma pesquisa que analisou o uso de analogias em livros didáticos brasileiros. Foram analisadas 11 coleções de livros-texto de Química, utilizados frequentemente em escolas brasileiras, totalizando 28 volumes. As autoras classificaram as analogias em diversos aspectos como, por exemplo: o conteúdo do conceito alvo; a localização da analogia no livro texto; a relação de analogia entre a analogia e o alvo; se a analogia é verbal ou ilustrativa; entre outros. Segundo as autoras, os livros didáticos fizeram uso pouco expressivo das analogias. Isso parece evidenciar que os autores analisados desconhecem o potencial das analogias como modelo de

ensino. Elas ainda destacam a necessidade de mais estudos que investiguem a influência das analogias no ensino dos alunos, uma vez que é pouco conhecido sobre para que tipo de aluno e sob quais condições as analogias são mais úteis nas diferentes situações de ensino.

Segundo Nagem *et al.* (2003), muitos livros didáticos contém uma introdução com informações de como usá-lo de maneira eficaz. Mas ainda segundo os autores, não há menções sobre o uso de analogias, nem mesmo nos livros que fazem amplo uso dessas. Corroborando os resultados de Monteiro e Justi (2000), os autores ainda ressaltam que analisar e classificar analogias em livros didáticos constitui um vasto campo de pesquisa que precisa ser estudado, pois pouco se sabe sobre como este modelo de ensino é utilizado em sala de aula.

Algumas pesquisas que envolveram o uso de analogias em contextos de ensino foram aqueles realizados por Terrazzan *et al.* (2000), que abordaram o uso de estratégias didáticas para uma maior potencialização do alvo através do análogo e Nagem *et al.* (2001), que usaram um modelo de estratégia didática chamado MECA (metodologia de ensino com analogias) e aplicaram o mesmo para favorecer uma melhor compreensão do conteúdo, analisando seus pontos positivos e negativos.

Segundo Glynn *et al.* (1998), deve-se investir em estratégias de ensino para o desenvolvimento de analogias como recurso didático num ambiente escolar. Os autores desenvolveram um modelo – o modelo de ensino com analogias – (*Teaching with Analogies, TWA*) que contempla seis passos que devem ser considerados quando se ensina com analogias:

1- Introduzir-se o assunto alvo;
2- Sugerir o análogo que seja um assunto próximo dos alunos;
3- Identificar as características relevantes entre o conceito alvo e o análogo;
4- Mapear as similaridades entre os dois domínios (análogo e alvo);
5- Indicar as falhas da analogia;
6- Esboçar conclusões.

Esses passos se assemelham àqueles propostos por Gonzáles (2005), com

destaque para as falhas da analogia. Nesse sentido, alguns autores chamam a atenção para que o trabalho com analogias seja cauteloso. Por exemplo, Duit (1991) valoriza a importância das analogias, mas afirma que suas limitações e inconvenientes não podem ser desprezados. Para esse autor, não existe uma combinação exata entre o análogo e o alvo e isto pode trazer equívocos. Ele defende que o raciocínio analógico somente é viável se as analogias forem formuladas pelos estudantes. Ainda segundo esse autor, é importante ressaltar que, às vezes, o análogo não é suficientemente familiar. Tal fato pode fazer com que os alunos não vejam sua utilidade e, mesmo que aprendam, não o utilizem nem compreendam seu valor. Mozzer e Justi (2015) destacam que, além da possibilidade de pouca, ou até mesmo nenhuma, familiaridade com o análogo, ou de o análogo não promover a ideia adequada para os estudantes, um dos principais problemas é o uso de analogias prontas. Ou seja, do ponto de vista das autoras, em consonância com Duit (1991), o uso exclusivo das analogias prontas limita a criatividade do estudante e a participação do mesmo na construção de seu conhecimento. Por exemplo, quando o professor compara o tamanho do elétron em relação ao átomo com o tamanho de uma formiga em relação a um estádio de futebol, se o aluno nunca tiver ido a um estádio e não souber suas proporções, essa analogia não apresentou familiaridade.

Outro aspecto negativo relacionado ao uso das analogias, segundo Monteiro e Justi (2000), é que os estudantes podem levar a analogia longe demais e estabelecerem incorretas relações analógicas. Um exemplo muito comum é a utilização do sistema solar para fazer uma comparação com o modelo atômico de Rutherford-Bohr. No entanto, os estudantes podem imaginar que, assim como os planetas apresentam tamanhos diferentes, os elétrons em órbita também apresentam tamanhos diferentes. Essa observação ressalta a necessidade de instruir os alunos na identificação não apenas das semelhanças, mas também das diferenças entre a analogia e o alvo. Ao mesmo tempo, de acordo com *Oliva et al.* (2001), a semelhança entre os fenômenos que se comparam não deve ser nem grande nem pequena demais. Os alunos podem apresentar dificuldades na hora de encontrar relações entre ambos, já que as similaridades superficiais desempenham um papel importante na hora de aceitar a analogia por parte dos alunos. Da mesma forma, se os fenômenos comparados são muito parecidos, tampouco a analogia

será útil, uma vez que a semelhança não seria estimulante.

2.2.2 O uso de analogias e a atuação docente

A necessidade de cautela quanto ao uso de analogias já havia sido destacado por Clement (1993), que ressalta que as analogias nem sempre produzem o resultado esperado, uma vez que elas podem ser compreendidas como óbvias para os professores, mas não são vistas da mesma forma pelos estudantes. Nessa perspectiva, a forma como o professor vai mediar o processo de aprendizagem dos alunos e o planejamento relativo ao uso de novas ferramentas utilizadas no ensino de química, tais como as analogias, devem ser analisados com cuidado.

Segundo Nagem (2003), além de facilitarem o ensino e aprendizagem, as analogias também são capazes de verificar a aprendizagem dos estudantes, caso a utilização dessa ferramenta esteja acompanhada de bom planejamento e estruturação por parte do professor. Nesse sentido, a formação dos professores é um dos principais meios para se construírem saberes necessários para um bom desempenho da prática docente. É importante que essa formação reflita na questão do uso de analogias num sentido mais amplo de sua aplicação, principalmente pela química, por ser uma ciência que constrói seus conceitos a partir de uma perspectiva abstrata. Muitas vezes, os professores fazem o uso de analogias de forma acrítica, espontânea e instintiva, causando, muitas vezes, verdadeiros obstáculos na aprendizagem do aluno (NAGEM et al., 2003). Ainda de acordo com o autor, se o professor não domina as particularidades de uma analogia, ela poderá gerar conceitos equivocados, uma vez que a falta de experiência pode fazer com que ele priorize um domínio irrelevante, trate como válidos atributos não compartilhados entre o domínio e o análogo ou ainda utilize um análogo desconhecido pelos estudantes.

Para Duarte (2005) e Andrade *et al.* (2002), o preparo do professor e o planejamento das analogias são fundamentais para que o resultado seja uma construção adequada do conhecimento esperado.

É importante que os professores tenham domínio da analogia, façam uma análise de forma criteriosa, apontando os aspectos positivos e negativos de seu

uso para que, desta forma, ela possa estimular a formulação de hipóteses e ajudar na resolução de problemas por parte dos alunos. É preciso discutir com os estudantes as analogias apresentadas para determinados conteúdos e, que a partir dessa discussão, o professor avalie em que medida os alunos compreendem os conceitos análogos e se eles estão estabelecendo relações análogas corretas (Silva *et al.*, 2016).

2.2.3 O uso de analogias para o ensino de estequiometria

Por se tratar de um conteúdo sobre o qual os estudantes apresentam muitas dificuldades de compreensão e aplicação de conceitos, muitos trabalhos se dedicam ao uso de analogias para o estudo de cálculos estequiométricos. Haim et al. (2003) desenvolveram uma atividade na qual relacionam a produção de sanduíches, uma atividade conhecida e compreensível para os estudantes, com equações químicas. Em seu trabalho, eles abordaram conceitos de conservação da matéria, reagente limitante e rendimento de reação. Entretanto, eles abordam o análogo mas não o alvo. Segundo os autores, os alunos foram capazes de perceber que procedimentos matemáticos simples podem ser utilizados para resolver problemas estequiométricos.

Tóth (1999) destaca em seu trabalho o uso de analogias para o desenvolvimento do conceito sobre reagente limitante. Ele usa a montagem de equipes com quantidades predeterminadas de meninos e meninas para desenvolver tal raciocínio. O autor ainda destaca que apesar de a maioria dos livros de química geral dedicar um capítulo somente para o assunto de reagente limitante, é de grande importância fornecer aos alunos exemplos concretos e analogias para explicar melhor a identificação de um reagente limitante.

Witzel (2002) desenvolveu uma atividade utilizando a montagem de um carro de corrida a partir de peças de um kit lego. Seu objetivo foi determinar a relação entre as massas de cada componente requerido e a massa do produto final. Segundo o autor, os estudantes foram capazes de compreender com maior facilidade o conceito de conservação da matéria, uma vez que a atividade utilizou algo concreto e do conhecimento dos estudantes.

3. OBJETIVOS

Considerando as diversas dificuldades de ensino e aprendizagem relatadas na literatura, associadas ao tema estequiometria, ao mesmo tempo em que se considera a relevância do tema para o desenvolvimento do conhecimento dos estudantes na ciência química, esse trabalho teve como objetivo desenvolver, aplicar e avaliar uma proposta de ensino baseada no uso de analogias, visando auxiliar os estudantes na compreensão de conceitos químicos, como proporcionalidade entre os participantes de uma reação, determinação de reagente limitante e reagente excedente e pureza.

Para alcançar tal objetivo, buscamos responder as seguintes questões de pesquisa:

i. Quais atividades podem ser inseridas no ensino de química que permitam o desenvolvimento do conhecimento dos estudantes sobre relações de grandeza nas reações químicas?

ii. Como o uso de analogias contribuem para a compreensão dos estudantes sobre o domínio alvo ‘estequiometria’?

4. METODOLOGIA

O presente trabalho de pesquisa adotou uma abordagem qualitativa e quantitativa, com o propósito de caracterizar o desenvolvimento do conhecimento dos estudantes a partir das atividades de ensino desenvolvidas.

Inicialmente, foi realizada uma pesquisa bibliográfica com o intuito de analisar os principais problemas apresentados pelos estudantes na aprendizagem de cálculos estequiométricos para, a partir disso, ser elaborada a sequência de ensino. Além disso, foi realizado um levantamento sobre as analogias utilizadas no ensino de cálculos estequiométricos, sendo apontadas tanto a importância quanto a limitação do uso desses modelos de ensino.

A partir desse suporte da literatura, foi desenvolvida uma atividade (Apêndice A) pautada no uso de analogias, com o intuito de explorar o conhecimento dos estudantes do domínio análogo para que, posteriormente, tais conhecimentos fossem transferidos para um novo contexto, denominado domínio alvo. Nesse novo contexto, mediado pelo professor e pelo material da atividade, os estudantes empregaram processos de raciocínio do domínio familiar, fazendo um paralelo com os cálculos estequiométricos.

A atividade foi aplicada a 11 alunos[1] entre 15 e 17 anos do 2° ano do ensino médio de duas escolas particulares de Belo Horizonte – MG. A escolha dos indivíduos foi baseada em fatores facilitadores de acordo com os aspectos da pesquisa, como o fato de ser um assunto já ministrado nas aulas regulares e também o acesso do pesquisador aos alunos[2]. A intervenção foi desenvolvida como atividade livre extracurricular, sem qualquer implicação no transcorrer das aulas regulares de química, na qual os estudantes participaram em caráter voluntário, com o devido assentimento e consentimento dos pais e estudantes[3], respectivamente, expresso em termo escrito destinado a esse fim (Apêndices E, F, G).

Inicialmente, os estudantes responderam a um questionário aberto, pré-teste

[1] O número de indivíduos da amostra foi determinado pela adesão à participação voluntária nas atividades propostas por essa pesquisa.
[2] Esses estudantes eram alunos de turmas regulares de um curso livre de apoio, realizado pelo estabelecimento Diferencial Ensino Personalizado, em que o pesquisador atua como professor.
[3] Os termos e toda a proposta da pesquisa foram avaliados e aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos.

(Apêndice B), com questões gerais sobre a aprendizagem em química, que teve como objetivo identificar a familiaridade com o tema, o conhecimento prévio, as dificuldades e o nível de interesse dos estudantes sobre o conteúdo. O uso do questionário aberto, conforme afirmam Laville e Dione (1999), está de acordo com os objetivos de uma pesquisa qualitativa, uma vez que

> Tal instrumento mostra-se particularmente precioso quando o leque das respostas possíveis é amplo ou então imprevisível, mal conhecido. Permite ao mesmo tempo ao pesquisador assegurar-se da competência do interrogado, competência demonstrada pela qualidade de suas respostas. Serão realizados um pré teste e um pós teste durante a realização da atividade, como uma ferramenta que possa auxiliar na coleta e discussão dos dados. (LAVILLE e DIONE, 1999, p. 186)

Dessa forma, espera-se ter acesso ao raciocínio empregado pelos estudantes na resolução das questões, acompanhando o uso de conhecimentos anteriores e, principalmente, o emprego do raciocínio analógico.

Em um segundo momento, os estudantes responderam a um questionário (Apêndice C), contendo três questões de conhecimento químico, dentro do assunto de cálculos estequiométricos. As questões foram elaboradas de acordo com os assuntos pertinentes ao conteúdo, sendo que a primeira questão envolvia uma relação direta entre quantidades de reagentes e produtos e a transformação de unidades de massa para quantidade de matéria. A segunda questão relacionou quantidades de reagentes considerando o excesso de um deles, e a terceira questão envolveu o conceito de pureza de reagentes. Os estudantes resolveram as três questões sem nenhum tipo de auxílio do pesquisador.

Após a realização das três questões, foi aplicada a atividade contendo conteúdo de domínio familiar aos estudantes (Apêndice A). O pesquisador apresentou no quadro uma receita de omeletes, sobre a qual propôs aos estudantes situações análogas às três questões de conteúdo químico. Foram realizadas receitas com excesso de um dos ingredientes e também foram utilizados ingredientes impuros (ovos podres).

O desenvolvimento da atividade foi conduzido pelo pesquisador e registrado em áudio, respeitando todos os aspectos éticos necessários. Tal registro foi de suma importância para auxiliar a coleta de dados e discussão dos resultados, uma vez que permitiram obter detalhes das falas dos entrevistados e de suas interações com o pesquisador. O uso do gravador contribui para superar os limites da memória humana e também com a não distorção da informação decorrente dos elementos subjetivos (GIL, 1999). É importante ressaltar que toda a intervenção durante o período da pesquisa buscou a participação ativa dos estudantes e respeito ao seu raciocínio e opiniões.

Na sequência da intervenção, os estudantes resolveram mais três questões de conhecimento químico, seguindo a mesma linha de raciocínio das três questões do Apêndice C. A utilização de um novo teste com questões de conhecimento químico semelhante às iniciais teve como intuito analisar a contribuição da atividade envolvendo o uso de analogias no aprendizado dos estudantes sobre estequiometria. É importante ressaltar que, assim como nas questões do Apêndice B, o pesquisador não teve nenhum tipo de participação nesse momento da atividade.

Após responderem às questões de conteúdo químico, os estudantes foram entrevistados sobre a participação no processo, sendo questionados quanto à percepção sobre o próprio aprendizado a partir do uso das analogias. A entrevista foi individual, sendo semiestruturada, a partir das questões constantes no Apêndice D. Toda a entrevista foi registrada em áudio.

A análise dos dados foi realizada buscando caracterizar as ideias dos estudantes antes, durante e após a realização da atividade de ensino. A partir dos questionários escritos e dos registros em áudio, foram identificadas e categorizadas as principais ideias manifestadas pelos estudantes, considerando os principais erros e dificuldades ao responder às questões de conteúdo químico, em acordo com ideias previamente identificadas na literatura. Os dados foram usados em conjunto, sendo feita a transcrição dos trechos dos registros em áudio que permitiam a caracterização de tais ideias.

Os estudantes foram identificados por códigos alfa numéricos, de A1 a A11, de forma a preservar a identidade dos sujeitos. O uso dos códigos dos sujeitos

permitiu acompanhar o desenvolvimento de suas ideias ao longo do processo, avaliando a coerência de suas ideias e seu desempenho em responder às questões.

5. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A Tabela 1 foi construída a partir da análise dos dados referentes ao pré-teste, com questões gerais sobre a aprendizagem em química. Sua estruturação foi realizada visando à análise de elementos referentes ao conhecimento prévio, interesse no assunto de cálculos estequiométricos e, ao mesmo tempo, nas dificuldades que os estudantes apresentam em relação ao tema.

Tabela 1 – Qualificação inicial das ideias dos estudantes sobre cálculos estequiométricos e analogias

CATEGORIA	ESTUDANTES	TOTAL	PERCENTUAL
Já estudou cálculos estequiométricos	A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11.	11	100%
Possui dificuldade nos cálculos	A2, A5, A8.	3	27%
Possui dificuldade na interpretação dos enunciados das questões de estequiometria	A1, A3, A4, A5, A6, A7, A9, A10, A11.	9	82%
Possui dificuldades nas relações estequiométricas	A5, A10.	2	18%
Apresentou uma definição adequada para analogias	A1, A2, A4, A7.	4	36%
Acredita que o uso de analogias pode ser uma ferramenta útil	A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A9, A10, A11.	10	91%

A partir dos dados coletados, observou-se que todos eles já haviam estudado cálculos estequiométricos, entretanto, todos assumem possuir algum tipo de dificuldade em relação ao tema, seja na realização dos cálculos (27%), na interpretação das questões (82%) ou nas relações estequiométricas (18%). Como já citado neste trabalho, Gomes e Macedo (2017) apontam as diversas causas apresentadas por grande parte dos estudantes, sendo possível verificar que interpretar enunciados é o principal problema identificado por eles.

Quando questionados sobre analogias, 91% dos estudantes acredita que o uso de analogias pode contribuir com o ensino e aprendizagem de cálculos

estequiométricos, porém apenas 4 estudantes apresentaram uma definição adequada para analogia. A seguir são apresentados comentários de alguns alunos em relação às analogias.

> A2: *Ao realizar analogias o aluno aproxima o conteúdo do cotidiano.*
>
> A7: *As questões 3 e 4 são muito parecidas* (se referindo às questões do Apêndice A, que utilizam um raciocínio semelhante para a compreensão do domínio alvo a partir do domínio análogo).

Para permitir uma caracterização inicial do conhecimento dos estudantes em relação ao conteúdo de cálculos estequiométricos, eles responderam às questões de conteúdo químico no início da pesquisa (antes da instrução). A Tabela 2 foi desenvolvida a partir da análise das questões de conteúdo químico, que foram resolvidas pelos estudantes, sem qualquer auxílio ou intervenção do pesquisador.

A Questão 1 teve um índice de erros de 18%, sendo que A4 e A8 erraram operações matemáticas e A8 errou, também, a relação entre as quantidades. Vale ressaltar que A4 não havia apontado a realização de operações matemáticas como uma dificuldade em relação ao tema. Já A8, assumiu ter dificuldades matemáticas e não nas relações entre as quantidades, no entanto errou a conta matemática e a relação estequiométrica. Esses dados indicam que os estudantes não apresentam uma percepção adequada de suas próprias dificuldades, uma vez que apresentaram erros que não haviam sido previamente identificado por eles. A Figura 2 mostra a resolução da questão pelo estudante A4, em que ele errou tanto as proporções estequiométricas quanto os cálculos na resolução.

Figura 2 – Resolução desenvolvida pelo estudante A4 para Questão 1

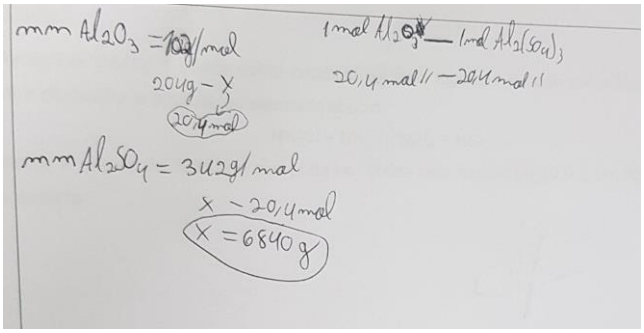


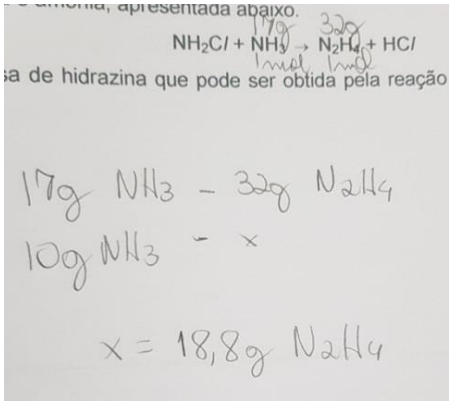
Tabela 2 – Resultados das questões de conteúdo químico do questionário inicial

CATEGORIA	ESTUDANTES	TOTAL	PERCENTUAL
Errou a questão 1 (caso geral[4])	A4, A8.	2	18%
Errou a interpretação	-	0	
Errou alguma relação estequiométrica	A4.	1	
Errou conta	A4, A8.	2	
Errou a questão 2 (reagente em excesso e limitante)	A1, A4, A5, A7, A10, A11.	6	55%
Errou a interpretação	A1, A4, A5, A7, A10, A11.	6	
Errou alguma relação estequiométrica	A1, A4, A5, A7, A10, A11.	6	
Errou conta	-	0	
Errou o conceito de reagente em excesso e limitante	A1, A4, A5, A7, A10, A11.	6	
Errou a questão 3 (pureza de reagente)	A1, A5, A7, A8, A9.	5	45%
Errou a interpretação	A1, A5, A7.	3	
Errou alguma relação estequiométrica	A1, A5, A7, A8, A9.	5	
Errou conta	A8.	1	
Errou o conceito de pureza de reagente	A1, A5, A7, A9.	4	

[4] Definimos como caso geral a questão que apresentou apenas uma relação direta entre um reagente e um produto, não sendo necessário verificar a existência de reagente em excesso ou a pureza de um reagente.

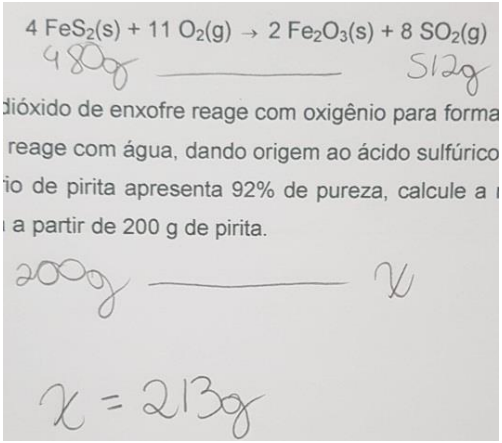
O equívoco apresentado pelo estudante A7, ilustrado na Figura 3, foi comum a quase todos os estudantes que também erraram a questão 2: realizaram as operações com a massa de NH_3 (que na questão é o reagente que se encontra em excesso).

Figura 3 – Resolução desenvolvida pelo estudante A7 para Questão 2



A Questão 3, que aborda a pureza de reagentes, foi errada por 5 estudantes, sendo que quase todos apresentaram erros conceituais e nas relações estequiométricas (realizaram a operação com a quantidade fornecida de reagentes, sem retirar a parte impura). Além disso, 3 erraram, também, a interpretação, explicitando dificuldades de compreender o que deveria ser feito na questão, isto é, o que deveria ser calculado e quais relações deveriam ser estabelecidas para alcançar tal resposta. Um exemplo de erro das relações que deveriam ser feitas é apresentado na Figura 4.

Figura 4 – Resolução desenvolvida pelo estudante A5 para Questão 3



Uma análise geral das 3 questões permite verificar um total de 8 estudantes que apresentaram dificuldades nas relações estequiométricas, enquanto inicialmente apenas 2 estudantes haviam manifestado reconhecer terem tal dificuldade. É importante destacar que essa dificuldade esteve associada, principalmente, quando as questões envolveram reagente limitante e pureza, o que mostra a maior dificuldade nesses casos.

A análise da Tabela 2 possibilita observar que, por mais que alguns estudantes tenham apresentado erros nas operações matemáticas, a maioria apresentou equívocos conceituais e nas relações estequiométricas, destacando as dificuldades que os estudantes possuem em relação ao tema estequiometria, mesmo após o estudo desse e, muitas vezes, sem considerar que possuem dificuldades em relação a esse.

Após responderem às questões iniciais para caracterizar seus conhecimentos, os estudantes participaram da atividade de ensino, aplicada pelo pesquisador.

Conforme apresentado na metodologia, a sequência de ensino foi estruturada em torno de três perguntas propostas durante a atividade analógica, baseadas em uma receita de omelete. Para facilitar o mapeamento entre o domínio análogo e o domínio alvo as perguntas relacionadas à analogia seguiram o raciocínio e a linguagem científica pertinente às três questões de conteúdo químico, resolvidas pelos estudantes anteriormente.

A primeira pergunta apresentou um raciocínio semelhante à primeira questão de conteúdo químico do questionário inicial, em que foi apresentada uma relação direta entre um dos ingredientes com o omelete (produto), assim como na primeira questão que relacionava apenas um reagente e o produto. A transcrição de um trecho da atividade demonstra a similaridade e a rápida compreensão do problema por parte do estudante quando se trata de um conhecimento do domínio análogo.

> Pesquisador: *Olhando a receita, quando falamos que temos 4 ovos e quantidades suficientes de presunto e queijo, isso quer dizer que precisamos nos preocupar com as quantidades de presunto e de queijo?*
>
> Todos os estudantes: *Não.*
>
> Pesquisador: *Isso quer dizer que precisamos fazer nossa regra de três apenas com os ovos pois...*

A2: *Temos quantidades pelo menos suficientes de presunto e queijo.*

O enunciado da segunda pergunta informou as quantidades de mais de um ingrediente, fazendo uma analogia com o conceito de reagente em excesso e reagente limitante, aplicado na questão 2 do questionário de conteúdo químico.

Quadro 1 – Mapeamento entre domínios durante a discussão da questão 2

DOMÍNIO ANÁLOGO (OMELETE)		DOMÍNIO ALVO (REAÇÃO QUÍMICA)	
Ingredientes		Reagentes	
12 ovos 12 fatias de presunto	Ingredientes em excesso	10g de NH_3	Reagente em excesso
12 fatias de queijo	Ingrediente limitante	10g de NH_2Cl	Reagente limitante

Justi (2008) afirma que o uso de analogias pode ser uma ferramenta importante para o ensino uma vez que empregam ideias familiares a situações não familiares. Isso fica claro no desenvolvimento da pergunta 2 durante a atividade.

> Pesquisador: *Suponham que na geladeira de uma casa há 12 ovos, 12 fatias de presunto e 12 fatias de queijo. Baseados na receita de omelete, qual o número máximo de omeletes que podem ser preparados? Qual ingrediente pegar? Ovos, queijo ou presunto?*
>
> A3: *A gente teria que testar tudo.*
>
> Pesquisador: *Por que?*
>
> A3: *Pode ser que algum deles limite ou esteja em excesso.*

Podemos notar que durante o desenvolvimento da atividade analógica, à medida que as questões iam envolvendo conceitos ainda mais complexos, os próprios estudantes foram percebendo a similaridade entre os domínios, fazendo o uso de linguagem semelhante nos dois domínios. Eles começaram a ficar mais participativos e engajados, notando que o raciocínio utilizado para o domínio análogo era o mesmo para o domínio alvo.

> Pesquisador: *Então, toda vez que o enunciado de uma questão contar as quantidades de dois reagentes, tenham medo. Pode ser que um deles esteja em...*

Todos os estudantes: *Excesso.*

Pesquisador: *E como descobrir quem está em excesso?*

A6: *Podemos fazer uma regra de três com todos e com o produto.*

Pesquisador: *Ou então, podemos fazer uma regra de três entre os...*

A6: *Reagentes.*

Pesquisador: *Podemos fazer uma regra de três entre os ingredientes dados com as quantidades da receita. Mesmo sabendo as quantidades dadas dos ingredientes, podemos colocar a quantidade de um deles e colocar 'x' ou 'y' nos outros ingredientes para verificar se a quantidade fornecida é que a gente...*

A2, A3: *Precisa!*

Pesquisador: *Percebam que essa pergunta parece muito com a questão 2 que nós fizamos anteriormente. Naquela questão, foram colocados para reagir 10g de cloramina e 10g de amônia. Se o enunciado deu as quantidades de dois reagentes, um deles está em....*

Todos os estudantes: *Excesso!*

A terceira pergunta da atividade fornecia a quantidade de ovos, sendo que presunto e queijo estavam em quantidades suficientes. Porém, haviam ovos podres. Esta pergunta foi elaborada com o intuito de fazer uma analogia com o conceito de pureza de reagentes, aplicado na questão 3 de conhecimento químico.

Quadro 2 – Mapeamento entre domínios durante a discussão da questão 3

DOMÍNIO ANÁLOGO (OMELETE)	DOMÍNIO ALVO (REAÇÃO QUÍMICA)
Ingredientes	Reagentes
8 ovos	200g de FeS_2
2 ovos podres	8% de impureza
6 ovos utilizados	184g de FeS_2 utilizados

A Questão 3 da parte de conhecimento químico teve respostas erradas de 45% dos estudantes. A participação dos estudantes durante a pergunta 3 da atividade deixa ainda mais claro a importância da utilização de uma linguagem familiar e conceitos familiares à eles.

Pesquisador: *Se o enunciado tá falando que temos 8 ovos mas 2 estão podres, nós vamos fazer omelete com ovo podre?*

A6: *Não! Tem que tirar!*

Pesquisador: *Então se a questão tá falando que tem 8 ovos mas 2 estão podres, então ela tá fazendo uma pegadinha com a gente. Eu não estou dando 8 ovos coisa nenhuma! Eu estou dando...*

Todos os estudantes: *6!*

Pesquisador: *Então, toda vez que uma questão fala que um reagente tem uma certa porcentagem de pureza, qual a primeira coisa que a gente tem que fazer?*

A3: *Tirar!*

É importante ressaltar que as perguntas propostas durante a atividade analógica foram acertadas por todos os estudantes, sem apresentarem qualquer dificuldade em relação aos cálculos que envolveram excesso dos ingredientes, nem com a questão dos ovos podres (análoga à questão de pureza). É um fato que devido à condução da atividade pelo pesquisador, o maior rendimento dos estudantes era esperado. Contudo, a ausência de outras respostas e a percepção do pesquisador sobre a confiança dos estudantes em responder às questões, leva a atribuir que esse alto rendimento se deu, principalmente, por ter apresentado um conteúdo familiar,

Ao fim da atividade com o uso de analogias, os estudantes responderam novas questões de conteúdo químico. A Tabela 3 foi construída a partir da análise das respostas dos estudantes que responderam às questões sem qualquer auxílio ou intervenção do pesquisador.

A partir da comparação entre as Tabelas 2 e 3, podemos fazer uma análise sobre o desempenho dos estudantes nas questões de conhecimento químico, antes e após a atividade realizada.

A Questão 1, resolvida antes da atividade, apresentou um índice de erros de 18%. Após a realização da atividade, o índice de erros caiu para 9%. É importante observar que após a realização da atividade, o único aluno que errou a Questão 1 foi o A11, que havia acertado no primeiro momento. No entanto, o erro foi de interpretação, uma vez que ele não transformou a unidade de massa para quantidade de matéria.

A Questão 2 apresentou um índice de erros de 55% antes da atividade. Já a questão semelhante resolvida após a atividade, nenhum dos estudantes errou. É importante ressaltar que, diferentemente da Questão 2, envolvendo o conceito de reagente em excesso e lmitante, realizada antes da atividade, quase todos os estudantes deixaram explícito, nessa nova oportunidade, que, uma vez que o enunciado forneceu as quantidades de dois reagentes, um deles estava em excesso.

Tabela 3 – Análise das respostas dos estudantes às questões de conteúdo químico após a atividade de ensino

CATEGORIA	ESTUDANTES	TOTAL	PERCENTUAL
Errou a questão 1 (caso geral)	A11.	1	9%
Errou a interpretação	A11	1	
Errou alguma relação estequiométrica	-	0	
Errou conta	-	0	
Errou a questão 2 (reagente em excesso e limitante)	-	0	0%
Errou a interpretação	-	0	
Errou alguma relação estequiométrica	-	0	
Errou conta	-	0	
Errou a questão 3 (pureza de reagente)	A4	1	9%
Errou a interpretação	-	0	
Errou alguma relação estequiométrica	-	0	
Errou conta	-	0	

Por fim, a Questão 3, resolvida antes da atividade analógica apresentou 45% de erro por parte dos estudantes. Após a realização da atividade, esse índice caiu para 9%. Vale ressaltar que A4 foi o único estudante que errou a questão após a atividade, e havia acertado na questão semelhante antes da atividade. Entretanto, o aluno deixou a questão em branco, sem nenhuma resolução. Dada a subjetividade e independência dos estudantes na resolução das questões de conhecimento químico, é impossível determinar se o estudante não conseguiu entender o enunciado ou devido ao cansaço ou outro fator, simplesmente não quis resolver.

Questionados, na entrevista final, sobre o que acharam de aprender utilizando analogias e o que mais contribuiu para esse aprendizado, maioria dos estudantes apresentou argumentos favoráveis ao uso das analogias no ensino de estequiometria.

> A2: *Achei muito mais didático e fácil de aprender do que da forma tradicional. A simplificação da teoria ajudou na compreensão da matéria.*
>
> A3: *Dessa forma nós aprendemos exemplos práticos da teoria antes de fazer os exercícios. O que mais contribuiu foi associar a matéria a algo do cotidiano.*
>
> A11: *Pude compreender meus erros de uma forma mais didática, com exemplos práticos da vida real.*

Os estudantes reconheceram que o uso das analogias contribuiu para o aprendizado, principalmente por tratar de exemplos mais comuns ou cotidianos, acessíveis a eles.

6. CONCLUSÃO

Esse trabalho apresentou, inicialmente a partir da literatura na área, uma discussão sobre a utilização de analogias como ferramenta de ensino, englobando os conceitos, vantagens e desvantagens dessas. Na Química, uma disciplina com conceitos abstratos e às vezes não familiares em um primeiro momento, o uso de ferramentas que possam contribuir para a construção do conhecimento se mostra com grande potencial. A escolha de trabalhar com as analogias aplicadas ao conteúdo de estequiometria se deu a partir das dificuldades de ensino e aprendizagem em relação ao tema, sendo tal conteúdo muitas vezes temido pelos estudantes e no qual eles apresentam baixo rendimento escolar (SILVA e SANTOS, 2013). Nesse contexto, para verificar a eficiência desta ferramenta, foi desenvolvida e aplicada uma atividade de ensino baseada no uso de analogias para o ensino de cálculos estequiométricos. Durante a análise das concepções iniciais dos estudantes na atividade, foi possível observar as mesmas dificuldades apresentadas na literatura.

Como apresentado anteriormente, uma analogia, na perspectiva adotada neste trabalho, é o estabelecimento de relações entre dois domínios: um familiar aos estudantes (domínio análogo) e um abstrato, não familiar (domínio alvo). De acordo com Duit (1991), as analogias podem facilitar a compreensão de conceitos abstratos apontando semelhanças com o mundo real.

A análise e discussão dos dados, apresentados em capítulo anterior, foram capazes de corroborar com estudos realizados que apontam as potencialidades e resultados vantajosos da utilização as analogias como ferramentas de ensino (HAIM *et al.*, 2003). Houve uma melhora significativa na compreensão dos estudantes em relação ao tema após o desenvolvimento da atividade. Além disso, durante o decorrer da atividade, foi possível perceber que, à medida que os estudantes apresentavam evolução no desempenho e uma melhor compreensão do domínio alvo, partindo do domínio análogo, eles se tornavam mais engajados, interessados e participativos.

No entanto, é importante mencionar, novamente, que o uso dessa ferramenta deve ser precedido de um bom planejamento e estruturação por parte do professor

(NAGEM *et al.*, 2001). É necessário que o professor domine as particularidades de uma analogia, conheça seus aspectos positivos e negativos.

Na questão do domínio e estruturação por parte do professor, Justi (2008) afirma que o uso de analogias pode favorecer uma melhor relação entre os domínios, análogo e alvo, porém, é necessário que o professor utilize termos adequados aos estudantes. A utilização de linguagem adequada, citando exemplos, explicando de maneiras diferentes, deve ser um ponto principal. Além disso, os registros nos permitiram perceber que é importante que o professor saiba transitar entre os domínios alvo e análogo e conduzir os estudantes nesse trânsito. Por exemplo, quando o professor utiliza termos científicos durante a explicação do domínio análogo, e, da mesma forma, utiliza termos coloquiais na explicação do domínio alvo, isso pode facilitar a compreensão a partir da relação entre os domínios.

Vale destacar também que o uso das analogias apresenta também inconvenientes e limitações que não podem ser desprezados. Neste trabalho, a atividade desenvolvida priorizou a proporcionalidade e as relações estequiométricas entre os reagentes participantes de uma reação. No entanto, ficou como lacuna a aplicação da conservação da matéria durante a reação, uma vez que tal atividade considerou que esse seria um conhecimento prévio dos estudantes. Contudo, a literatura mostra que tal dificuldade pode comprometer estudos posteriores, como no caso dos cálculos estequiométricos. Isso pode ser considerado como ponto de partida para novos estudos relacionados ao tema.

De um modo geral, acreditamos que o trabalho possa contribuir para mostrar a importância, vantagens e limitações do uso de analogias como ferramenta de ensino. Consideramos que a atividade aqui proposta pode ser utilizada em certos contextos e apresentar resultados ainda melhores quando comparados os resultados. Principalmente, que os professores e profissionais da área percebam e acreditem que o uso de ferramentas alternativas pode ser de grande valia para uma melhor construção do conhecimento e desenvolvimento da aprendizagem por parte dos estudantes. É importante, também, que os profissionais busquem sempre uma melhor capacitação e domínio das ferramentas de ensino, para que seu uso apresente mais potencialidades e resultados mais favoráveis nas práticas de ensino.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, R. **Ao professor, com o meu carinho.** ed. 1, Campinas, Verus, 2004.

ANDERSON, B. **Pupils' conceptions of matter and its transformations.** Studies in Science Education, 18, pp. 53-85, 1990.

ANDRADE, B. L.; ZYLBERSZTAJN, A. & FERRARI, N. **As Analogias e Metáforas no Ensino de Ciências a Luz da Epistemologia de Gaston Bachelard**. ENSAIO – Pesquisa em Educação em Ciências, v.2, n.2, p.1-11, 2002.

ASTUDILLO, L. R.; NIAZ, M**. Reasoning strategies used by students to solve stoichiometry problems and its relationship to alternative conceptions, prior knowledge, and cognitive variables**. Journal of Science Education and Technology, 5(2): 131-140, 1996.

CARMO, E. A. **As analogias como instrumentos úteis para o ensino do conteúdo químico no nível médio**. 2006. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências), Universidade Federal do Pará, Belém, 2006.

CLEMENT, J. **Using bridging analogies and anchoring intuitions to deal with student's preconceptions in physics**. Journal of Research in Science Teaching, vol.30, n.10, p.1241-47, 1993.

COSTA, A. A. F.; SOUZA, J. R. T. **Obstáculos no processo de ensino e de aprendizagem de cálculo estequiométrico**. Amazônia - Revista de Educação em Ciências e Matemáticas, v. 10, n. 19, p. 106-116, dez. 2013.

CURTIS, R. V.; REIGELUTH, C. M. **The use of analogies in written text.** Instructional Science, v. 13, n. 2, p. 99-117, 1984.

DIONE, J.; LAVILLE, C. **A construção do saber.** Manual de Metodologia da Pesquisa em Ciências Humanas, v. 1, 1999.

DRIVER, R.; ASOKO, H.; LEACH, J.; MORTIMER, E., & SCOTT, P. (1999). **Construindo conhecimento científico na sala de aula**. Química Nova na Escola, v. 9, n. 5, p. 31-40, 1999.

DUARTE, M.C. **Analogias na educação em ciências contributos e desafios**. Revista Investigações em Ensino de Ciências, v. 10, n. 1, p. 7-29, 2005.

DUIT, R. **On the role of analogies and metaphors in learning science**. Science education, v. 75, n. 6, p. 649-672, 1991.

FRANCISCO JUNIOR, W. E. **Analogias em livros didáticos de química: um estudo das obras aprovadas pelo Plano Nacional do Livro Didático Para o Ensino Médio 2007**. Ciências & Cognição (UFRJ), v. 14, n. 1, p. 121-143, mar. 2009 .

GARCIA, J. P. et al. (1990) **Ideas de los alumnos acerca del mol**. Estudio curricular. Enseñanza de las Ciencias, 8(2), pp. 111-119.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 1999. 202 p.

GIUNTA, C. J. **What's in a Name? Amount of Substance, Chemical Amount, and Stoichiometric Amount**. Journal of Chemical Education, 93(4): 583-586, 2016.

GLYNN, S. M.; LAW, M.; GIBSON, N.; HAWKINS, C. H. **Teaching science with analogies: a resource for teachers and texbooks authors.** 1998. Disponível em:<http://curry.edschol.virginia.edu/go/clic/nrrc/scin_ir7.html>

GOMES, R. S.; MACEDO, S. da H. **Cálculo estequiométrico: o terror nas aulas de Química**. Revista Vértices, v. 9, n. 1-3, p. 149-160, 2007.

GONZÁLES, B. M. **El modelo analógico como recurso didáctico en ciencias experimentales**. Revista Iberoamericana de Educación. 37(2), 2005. Disponible em: http://www.rieoei.org/1080.htm.

HAIM, L.; CORTÓN, E.; KOCMUR, S.; GALAGOVSKY, L. **Learning Stoichiometry with Hamburger Sandwiches**. Journal of Chemical Education, 80(9): 1021-1022, 2003.

HUDDLEY, P. & PILLAY, A. **An in-depth study of misconceptions in stoichiometry and chemical equilibrium at a South African University**. Journal of Research in Science Teaching, 23(1), 65-77, 1996.

JUSTI, R. S. & MENDONÇA, P. C. C. **Usando analogias com função criativa: uma nova estratégia para o ensino de química**. Educación Química EduQ, v. 1, p. 24-29, 2008.

KIMBERLIN, S.; YEZIERSKI. E. **Effectiveness of Inquiry-Based Lessons Using Particulate Level Models To Develop High School Students Understanding of Conceptual Stoichiometry**. Journal of Chemical Education, 93: 1002-1009, 2016.

LIMA, M. E. C. C.; AGUIAR JR. O. G.; BRAGA, S. A. M. **Ensinar Ciências**. Presença Pedagógica, n 33, Dicionário Crítico da Educação, p. 90-92, maio/junho, 2000.

LOURENÇO, I. M. B.; MARCONDES, M. E. R. **Um plano de ensino para Mol.** Química Nova na Escola, v. 18, p. 22-25, 2003..

MOL, G. S. **O uso de analogias no ensino de Química.** Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 1999.

MONTEIRO, I. V.; JUSTI, R. **Analogias em livros didáticos de química destinados ao ensino médio**. Investigações em Ensino de Ciências, Porto Alegre, v. 5, n. 2, p. 67-91, 2000.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H.; ROMANELLI, L. I. **A proposta curricular de química do Estado de Minas Gerais: fundamentos e pressupostos**. Química Nova, v. 23, p. 273-283, 2000.

MOZZER, N. B.; JUSTI, R. S. **Nem tudo que reluz é ouro: Uma discussão sobre analogias e outras similaridades e recursos utilizados no ensino de Ciências**. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, v. 15, n. 1, p. 123-147, 2015.

NAGEM, R. L.; CARVALHES, D. O.; DIAS, J. A. Y. **Uma proposta de metodologia de ensino com analogias**. Revista Portuguesa de Educação, (2) 14, 2001.

NAGEM, R. L.; FIGUEROA, A. M.; SILVA, C. M. G. & Carvalho, E. M. **Analogias e metáforas no cotidiano do professor**. 26ª REUNIÃO ANUAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM EDUCAÇÃO – ANPED, Poços de Caldas - Minas Gerais, 2003.

OLIVA, J. M.; ARAGÓN, M. M.; MATEO, J. & BONAT, M. **Una propuesta didáctica basada en la investigación para el uso de analogías en la enseñanza de las ciencias**. Revista Enseñanza de las Ciencias, 19 (3), p. 453-470, 2001.

ROGADO, J. **Quantidade de Matéria e Mol – Concepções de Ensino e Aprendizagem**. Dissertação de Mestrado - PPGE/FE/UNIMEP, Piracicaba, 2000.

SAVOY, L.G. **Balancing chemical equations.** School Science Review, 69(249), pp. 713-720, 1988.

SCHMIDT, H. J. **An Alternate Path to Stoichiometrie Problem Solving**. Research in Science Education, 27(2): 237-249, 1997.

SILVA, J. F.; LIMA, J. A. C.; FREITAS, J. C. R.; FREITAS, L. P. S. R.; SILVA, P. S. G. . **O uso de analogias no ensino de Química: Uma reflexão na formação inicial de professores de Química da UFCG por meio de uma sequência didática.** Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências, Campina Grande, 2016.

SILVA, M. G. L.; SANTOS, L. C. **O estado da arte sobre estequiometria: dificuldades de aprendizagem e estratégias de ensino**. Enseñanza de las Ciencias, v. extra, p. 1-12, 2013.

TERRAZZAN, E. A.; AMORIM, M. A. L.; PIMENTEL, N. L.; FELTRIN, C.; DIAS, D. S.; FERRAZ, D. F.; SILVA, L. L.; POZZER, L. L.; GIRALDI, P. M. **Analogias no ensino de ciências: resultados e perspectivas**. In: Anais do III Seminário de Pesquisa em Educação da Região Sul, Porto Alegre, 2000.

TOTH, Z. **Limiting reactant: an alternative analogy**. Journal of Chemical Education, 76 (7), pp. 934-941, 1999.

WITZEL, J.E. **Lego stoichiometry**. Journal of Chemical Education, 79(3), pp. 352, 2002.

APÊNDICE A – PROPOSTA DE ATIVIDADES DE ENSINO

COMPREENDENDO O USO DE EQUAÇÕES E A PROPORCIONALIDADE ENTRE OS PARTICIPANTES DA REAÇÃO

Suponha que você precise fazer um omelete. Para isto, vamos utilizar a seguinte receita proposta:

2 ovos + 2 fatias de presunto + 3 fatias de queijo → 1 omelete

É importante ressaltar que uma equação química, nada mais é que uma receita, utilizada para representar uma reação química. Analogamente, temos que ovos, presunto e queijo são os reagentes da reação que tem como produto o omelete. As quantidades desses ingredientes utilizados nada mais são que os coeficientes estequiométricos de uma reação. Portanto, são necessários 2 ovos, 2 fatias de presunto e 3 fatias de queijo para o preparo de 1 omelete. Quaisquer outras quantidades a serem produzidas devem seguir essas proporções.

Baseado na receita de omelete apresentada acima, responda às três perguntas e às questões relacionadas à seguir:

<u>Pergunta 1</u>

Qual massa de omelete pode ser preparada a partir de 4 ovos e quantidades suficientes de presunto e queijo? Considere que a massa de 1 omelete seja de 200g.

<u>Questão 1</u>

Considere a seguinte reação:

$$4\ Al\ (s) + 3\ O_2\ (g) \rightarrow 2\ Al_2O_3\ (s)$$

Sabendo que a massa molar do alumínio é igual a 27 g/mol, determine a quantidade de matéria de óxido de alumínio formada numa reação em que foram colocados 204 g de Al para reagir com excesso de O_2.

Pergunta 2

Na geladeira de uma casa há 12 ovos, 12 fatias de presunto e 12 fatias de queijo. Com a intenção de tentar acabar com todos os ingredientes, qual o número máximo de omeletes que podem ser produzidos?

Questão 2

O produto vendido comercialmente como água sanitária, muito utilizado devido as suas propriedades bactericida e alvejante, é uma solução de 2 – 2,5 % de hipoclorito de sódio. Este pode ser produzido fazendo-se reagir gás cloro com hidróxido de sódio:

$$Cl_2 + 2NaOH \rightarrow NaCl + NaClO + H_2O.$$

Ao misturar 150 kg de cloro com 160 kg de hidróxido de sódio, qual a massa de hipoclorito de sódio obtida após a reação?

Pergunta 3

Quantos omeletes podem ser preparados, partindo-se de 8 ovos e quantidades em excesso de presunto e queijo, considerando-se que 2 ovos estão podres?

Questão 3

O estanho é um metal prateado sendo empregado para produzir diversas ligas metálicas, utilizadas para recobrir outros metais e protegê-los da corrosão. É um dos metais mais antigos, que se tem conhecimento, sendo usado como um dos componentes do bronze desde a antiguidade. O estanho é obtido principalmente do

mineral cassiterita onde apresenta-se como um óxido. O estanho é produzido pela redução do minério com carvão em alto forno.

Determine a massa de estanho obtida a partir de uma tonelada de cassiterita com 30,2% de SnO_2.

$$SnO_2 + 2C \rightarrow Sn + 2CO$$

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO 1 (PRÉ-TESTE)

Questões gerais sobre a aprendizagem em química

1- Você já teve contato com os Cálculos Estequiométricos?

2- O que você menos gosta ou tem mais dificuldade no tema (cálculos, interpretação dos enunciados, relações entre massa e mol)?

3- a) Uma amostra de calcário contém aproximadamente 30% de carbonato de cálcio ($CaCO_3$). Qual a massa de carbonato de cálcio presente em uma amostra que contém 200g de calcário?

3- b) Sabendo que a massa molar do carbonato de cálcio é $100 g.mol^{-1}$, qual a quantidade de matéria correspondente?

4- a) Um omelete apresenta 30% de sua massa de queijo. Qual a massa de queijo presente em 200g de omelete?

4- b) Sabendo que uma fatia de queijo tem massa aproximada de 20g, quantas fatias estão presentes nos 200g de omelete?

5- Você acha que o uso de analogias pode contribuir para a compreensão de conteúdos abstratos?

APÊNDICE C – QUESTÕES DE CONTEÚDO QUÍMICO

Em todas as questões, deixe o raciocínio explícito

Questão 1

O sulfato de alumínio $Al_2(SO_4)_3$ é um produto químico amplamente utilizado na indústria de papel e nas estações de tratamento de água. O $Al_2(SO_4)_3$ pode ser produzido reagindo bauxita, rica em Al_2O_3 com ácido sulfúrico H_2SO_4, de acordo com a reação:

$$Al_2O_3 + 3H_2SO_4 \rightarrow Al_2(SO_4)_3 + 3H_2O$$

Partindo-se de 204g de Al_2O_3 e quantidade de H_2SO_4 suficiente, determine a quantidade máxima de $Al_2(SO_4)_3$ formada. Explicite seu reaciocínio.

Questão 2

A hidrazina (N_2H_4) é usada como combustível para foguetes e pode ser obtida a partir da reação entre cloramina e amônia, apresentada abaixo.

$$NH_2Cl + NH_3 \rightarrow N_2H_4 + HCl$$

Calcule a massa de hidrazina que pode ser obtida pela reação de 10,0 g de cloramina com 10,0 g de amônia.

Questão 3

A pirita (FeS_2) é encontrada na natureza agregada a pequenas quantidades de níquel, cobalto, ouro e cobre. Os cristais de pirita são semelhantes ao ouro e, por

isso, são chamados de ouro dos tolos. Esse minério é utilizado industrialmente para a produção de ácido sulfúrico. Essa produção ocorre em várias etapas, sendo que a primeira é a formação do dióxido de enxofre, segundo a equação a seguir.

$$4\ FeS_2(s) + 11\ O_2(g) \rightarrow 2\ Fe_2O_3(s) + 8\ SO_2(g)$$

Na segunda etapa, o dióxido de enxofre reage com oxigênio para formar trióxido de enxofre e, por fim, o trióxido de enxofre reage com água, dando origem ao ácido sulfúrico.

Sabendo que o minério de pirita apresenta 92% de pureza, calcule a massa aproximada de dióxido de enxofre produzida a partir de 200 g de pirita.

APÊNDICE D – ENTREVISTA

1. Você já tinha estudado estequiometria usando alguma analogia? Se sim, qual?

2. Você acha que a analogia usada contribuiu para você aprender estequiometria? Por quê?

3. Você acredita que a analogia contribuiu para você interpretar as questões de cálculos estequiométricos? Se sim, como?

4. Você acredita que a analogia contribuiu para você compreender as relações entre substâncias nos cálculos estequiométricos? Se sim, como?

5. Você acredita que a analogia ajudou a compreender sobre reagente em excesso e limitante? Como?

6. Você acredita que a analogia ajudou a compreender sobre pureza? Como?

APÊNDICE E – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO DESTINADO À DIREÇÃO DA ESCOLA

Ilmo Sr,

Nome

Diretor da Escola X

Prezado Diretor, Uma das maneiras de contribuirmos para que a Educação possa melhorar, para que os alunos possam aprender mais e melhor, é através da realização de pesquisas que investiguem potenciais inovações no ensino. Na Universidade Federal de Viçosa temos o Profqui, Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional, na modalidade *stricto sensu*, onde a principal finalidade é dar formação continuada aos profissionais da área, proporcionando aos estudantes um ensino qualificado e significativo.

Pensando na qualificação dos profissionais e na melhoria do ensino de Química durante o ensino médio, todos os nossos pós-graduandos deverão realizar pesquisas onde possam buscar quantificar e qualificar as lacunas existentes nessa ciência, ainda caracterizada como sendo abstrata. Uma dessas pesquisas será realizada por meu orientando de mestrado, Bruno Maia do Prado, que inclusive, faz parte da sua equipe de docentes. Essa pesquisa é intitulada “O Uso de Analogias e Outros Modelos de Ensino Como Ferramentas Didáticas Para o Ensino de Cálculos Estequiométricos” e terá como objetivo estudar como ocorre a aprendizagem dos alunos em relação a analogias e modelos. Essas atividades serão parte das práticas regulares desenvolvidas pela professora regente de aulas para os alunos do 2º ano do ensino médio e em nada vão comprometer o planejamento anual ao qual a disciplina está submetida. Nessas aulas, os alunos serão solicitados a responder alguns questionários, elaborar analogias e se posicionar frente aos conteúdos abordados. Os alunos deverão também apresentar seus modelos para a turma e participar das discussões conduzidas pela professora. O uso de analogias no ensino é utilizado amplamente e estudos indicam que quando bem direcionados trazem resultados satisfatórios. Nesse sentido, não há nenhum risco para os alunos decorrente da participação nesta pesquisa. Para a realização da pesquisa, o

material escrito produzido pelos alunos será copiado (a fim de registrar as ideias dos alunos em determinados momentos do processo). Além disso, uma amostra de alunos será entrevistada a fim de aprofundar a discussão de suas ideias. Essas entrevistas acontecerão sempre nas dependências da escola, em horários e datas a serem combinadas entre os alunos e o pesquisador corresponsável, de forma a não prejudicar outras atividades acadêmicas dos alunos. Todo este material será utilizado unicamente para subsidiar o estudo em questão, não sendo a identidade da escola, e dos alunos revelada em nenhuma instância de divulgação dos resultados.

Caso seja concedida a autorização para a realização da pesquisa, os alunos e seus responsáveis receberão o "Termo de Consentimento Livre e Esclarecido". Nesses documentos, eles serão explicados sobre os objetivos da pesquisa e sobre seus aspectos metodológicos e serão solicitados a assinar uma autorização para a utilização dos dados. Como enfatizado anteriormente, a pesquisa será realizada a partir de atividades regulares desenvolvidas pela professora. Portanto, todos os alunos participarão das atividades. Entretanto, aqueles que, por algum motivo, não quiserem participar da pesquisa, não terão seus dados analisados. Visando atender aos princípios da ética na pesquisa, solicito que uma das cópias da autorização em anexo seja preenchida e devolvida assinada. Caso ainda existam dúvidas a respeito desta pesquisa, por favor, entre em contato conosco pelo telefone 0xx31991127073 ou no endereço: Mestrado Profissional em Química – PROFQUI, Edifício das Licenciaturas – Sala 303, Departamento de Química, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Federal de Viçosa, CEP: 36.570-900 – Viçosa – MG.

Desde já, agradecemos sua colaboração para a realização desta pesquisa.

Atenciosamente,

Profa. Dra. Poliana Flávia Maia	Bruno Maia do Prado
Pesquisadora responsável	Pesquisador corresponsável

A U T O R I Z A Ç Ã O

Eu, *Nome*, na qualidade de responsável pela Escola X, autorizo a realização da pesquisa intitulada “O Uso de Analogias e Outros Modelos de Ensino Como Ferramentas Didáticas Para o Ensino de Cálculos Estequiométricos” a ser conduzida sob a responsabilidade da pesquisadora Poliana Flávia Maia e sua equipe representada por seu aluno de mestrado Bruno Maia do Prado, e declaro que esta instituição apresenta infraestrutura necessária à realização da devida pesquisa. Esta autorização só é válida no caso de haver parecer favorável do Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Viçosa para a referida pesquisa.

Belo Horizonte, _____ de _____ de 2019.

_____

Nome

Diretor da Escola X

APÊNDICE F – TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO DESTINADO AO ALUNO

TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Prezado(a) aluno(a),

Como é de seu conhecimento, sou aluno de Mestrado da UFV e uma das atividades decorrentes de minha especialização é uma pesquisa junto aos alunos onde eu possa quantificar lacunas, introduzindo novas abordagens de ensino e subsidiando formas de conexão entre o conteúdo trabalhado e sua real significação junto aos educandos. Essa pesquisa é intitulada “O Uso de Analogias e Outros Modelos de Ensino Como Ferramentas Didáticas Para o Ensino de Cálculos Estequiométricos” e terá como objetivo estudar como ocorre a aprendizagem dos alunos em relação analogias e modelos de ensino. Essas atividades serão desenvolvidas no contra turno escolar, ao longo de 4 encontros de 1h 30min (uma hora e trinta minutos de duração), em dias e horários previamente agendados e comunicados aos pais e responsáveis. A participação é voluntária e não interfere ou se vincula ao planejamento anual ao qual a disciplina está submetida. Nessas atividades, você será solicitado a responder alguns questionários, elaborar analogias e se posicionar frente aos conteúdos abordados. Deverão também apresentar seus modelos para a turma e participar das discussões por mim conduzidas. Além das atividades escritas, a coleta de dados dessa pesquisa envolverá o registro em vídeo dos encontros.

Os riscos envolvidos na pesquisa associam-se a possíveis danos psicológicos relacionados à participação nas discussões das atividades e registro em vídeo, especialmente associados ao tempo dedicado à pesquisa, constrangimento durante a participação nas atividades e riscos de divulgação da imagem. Contudo, asseguramos que serão tomadas as medidas e cautelas para a minimização de danos como: as atividades envolverão exclusivamente conteúdos de natureza científica, sem exposição de crenças pessoais ou outras questões sensíveis; o pesquisador é um profissional formado, experiente e qualificado para ministrar as atividades de ensino e conduzir a pesquisa, estando atento a qualquer desconforto

causado pelo processo; será assegurada a confidencialidade e a privacidade, a proteção da imagem e a não estigmatização, garantindo a não utilização das informações em prejuízo das pessoas; o registro em vídeo será utilizado exclusivamente pelos pesquisadores, sem veiculação em qualquer meio; os dados da pesquisa serão codificados, garantindo o anonimato dos sujeitos participantes na divulgação da mesma. Além disso, os resultados dessa pesquisa estarão à disposição dos participantes.

Mesmo que você esteja de acordo com os termos aqui colocados, esclarecemos que a qualquer momento esse consentimento pode ser retirado, garantindo-se que os dados gerados pelo participante serão imediatamente excluídos da pesquisa. Não haverá qualquer custo relacionado à participação na pesquisa e, em caso de eventuais danos decorrentes da participação nessa, é garantida a indenização dos participantes pelos pesquisadores.

Considerando os referenciais teóricos e outras pesquisas relacionadas na área, que apontam que o uso de analogias no ensino é utilizado amplamente e indicam que quando bem direcionados trazem resultados satisfatórios, espera-se que a metodologia de ensino proposta nesse trabalho contribua significativamente para a aprendizagem de conceitos científicos associados a estequiometria.

Visando atender aos princípios da ética na pesquisa, caso esteja de acordo em participar dessa pesquisa, solicito que você preencha e devolva uma das cópias deste termo de assentimento assinada. Considerando a menor idade legal, esclareço que sua participação depende ainda da anuência do responsável por meio de assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido. Ressalto que você poderá retirar este consentimento a qualquer momento e que não terá nenhum prejuízo por isso.

Os dados e instrumentos utilizados na pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador responsável por um período de 5 (cinco) anos após o término da pesquisa, e depois desse tempo serão destruídos. Os pesquisadores tratarão a sua identidade com padrões profissionais de sigilo e confidencialidade, atendendo à legislação brasileira, em especial, à Resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde, e utilizarão as informações somente para fins acadêmicos e científicos.

Caso ainda existam dúvidas a respeito desta pesquisa, por favor, entre em contato conosco pelo telefone 0xx31991127073 ou no endereço: Mestrado

Profissional em Química – PROFQUI, Edifício das Licenciaturas – Sala 303 Departamento de Química, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Federal de Viçosa, CEP: 36.570-900 – Viçosa – MG.

Desde já, agradecemos sua colaboração para a realização desta pesquisa.

Atenciosamente,

Profa. Dra. Poliana Flávia Maia	Bruno Maia do Prado
Pesquisadora responsável	Pesquisador corresponsável

AUTORIZAÇÃO

Declaro que estou suficientemente esclarecido (a) sobre a pesquisa “O Uso de Analogias e Outros Modelos de Ensino Como Ferramentas Didáticas Para o Ensino de Cálculos Estequiométricos” seus objetivos e metodologia e que concordo com a utilização das imagens filmadas nas aulas de Química e do material escrito por mim produzido nessas aulas para os fins da pesquisa. Já assinado o termo de consentimento por meu responsável legal, declaro que concordo em participar desta pesquisa. Recebi uma via deste termo de assentimento e me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

Nome do(a) aluno(a): _____

Assinatura: _____

C.I.: _____

APÊNDICE G – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO DESTINADO AO RESPONSÁVEL PELO ALUNO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Prezados responsáveis pelo estudante _____

Sou aluno de Mestrado da UFV e uma das atividades decorrentes de minha especialização é uma pesquisa junto aos alunos onde eu possa quantificar lacunas, introduzindo novas abordagens de ensino e subsidiando formas de conexão entre o conteúdo trabalhado e sua real significação junto aos educandos. Essa pesquisa é intitulada "O Uso de Analogias e Outros Modelos de Ensino Como Ferramentas Didáticas Para o Ensino de Cálculos Estequiométricos" e terá como objetivo estudar como ocorre a aprendizagem dos alunos em relação analogias e modelos de ensino. Essas atividades serão desenvolvidas no contra turno escolar, ao longo de 4 encontros de 1h 30min (uma hora e trinta minutos de duração), em dias e horários previamente agendados e comunicados a você. A participação do estudante é voluntária e não interfere ou se vincula ao planejamento anual ao qual a disciplina está submetida. Nessas atividades, os estudantes serão solicitados a responder alguns questionários, elaborar analogias e se posicionar frente aos conteúdos abordados. Deverão também apresentar seus modelos para a turma e participar das discussões por mim conduzidas. Além das atividades escritas, a coleta de dados dessa pesquisa envolverá o registro em vídeo dos encontros.

Os riscos envolvidos na pesquisa associam-se a possíveis danos psicológicos relacionados à participação nas discussões das atividades e registro em vídeo, especialmente associados ao tempo dedicado à pesquisa, constrangimento durante a participação nas atividades e riscos de divulgação da imagem. Contudo, asseguramos que serão tomadas as medidas e cautelas para a minimização de danos como: as atividades envolverão exclusivamente conteúdos de natureza científica, sem exposição de crenças pessoais ou outras questões sensíveis; o pesquisador é um profissional formado, experiente e qualificado para ministrar as

atividades de ensino e conduzir a pesquisa, estando atento a qualquer desconforto causado pelo processo; será assegurada a confidencialidade e a privacidade, a proteção da imagem e a não estigmatização, garantindo a não utilização das informações em prejuízo das pessoas; o registro em vídeo será utilizado exclusivamente pelos pesquisadores, sem veiculação em qualquer meio; os dados da pesquisa serão codificados, garantindo o anonimato dos sujeitos participantes na divulgação da mesma. Além disso, os resultados dessa pesquisa estarão à disposição dos participantes.

Mesmo que você esteja de acordo com os termos aqui colocados, esclarecemos que a qualquer momento esse consentimento pode ser retirado, garantindo-se que os dados gerados pelo participante serão imediatamente excluídos da pesquisa. Não haverá qualquer custo relacionado à participação na pesquisa e, em caso de eventuais danos decorrentes da participação nessa, é garantida a indenização dos participantes pelos pesquisadores.

Considerando os referenciais teóricos e outras pesquisas relacionadas na área, que apontam que o uso de analogias no ensino é utilizado amplamente e indicam que quando bem direcionados trazem resultados satisfatórios, espera-se que a metodologia de ensino proposta nesse trabalho contribua significativamente para a aprendizagem de conceitos científicos associados a estequiometria.

Visando atender aos princípios da ética na pesquisa, caso esteja de acordo que o estudante participe dessa pesquisa, solicito que você preencha e devolva uma das cópias deste termo de consentimento assinada. Ressalto que você poderá retirar este consentimento a qualquer momento e que você ou o participante não terá nenhum prejuízo por isso.

Os dados e instrumentos utilizados na pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador responsável por um período de 5 (cinco) anos após o término da pesquisa, e depois desse tempo serão destruídos. Os pesquisadores tratarão a identidade do participante com padrões profissionais de sigilo e confidencialidade, atendendo à legislação brasileira, em especial, à Resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde, e utilizarão as informações somente para fins acadêmicos e científicos.

Caso ainda existam dúvidas a respeito desta pesquisa, por favor, entre em contato conosco pelo telefone 0xx31991127073 ou no endereço: Mestrado

Profissional em Química – PROFQUI, Edifício das Licenciaturas – Sala 303 Departamento de Química, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Federal de Viçosa, CEP: 36.570-900 – Viçosa – MG.

Desde já, agradecemos sua colaboração para a realização desta pesquisa.

Atenciosamente,

Profa. Dra. Poliana Flávia Maia	Bruno Maia do Prado
Pesquisadora responsável	Pesquisador corresponsável

AUTORIZAÇÃO

Eu, _____, responsável pelo estudante _____ declaro que estou suficientemente esclarecido (a) sobre a pesquisa “O Uso de Analogias e Outros Modelos de Ensino Como Ferramentas Didáticas Para o Ensino de Cálculos Estequiométricos” seus objetivos e metodologia e que concordo com a sua participação de utilização das imagens filmadas das atividades de ensino no contexto da pesquisa e do material escrito produzido nas aulas para os fins da pesquisa. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações e modificar minha decisão se assim o desejar. Recebi uma via original deste termo de consentimento livre e esclarecido e me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer minhas dúvidas.

Nome do(a) aluno(a): _____

Assinatura: _____

C.I.: _____