UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM REDE NACIONAL

VINÍCIUS ANDREY BEZERRA DE ARAÚJO

SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE ESTEQUIOMETRIA COM O AUXÍLIO DE MODELOS E EXPERIMENTAÇÃO

CARUARU
2024

VINÍCIUS ANDREY BEZERRA DE ARAÚJO

SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE ESTEQUIOMETRIA COM O AUXÍLIO DE MODELOS E EXPERIMENTAÇÃO

Dissertação apresentada à Coordenação do Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional, na Universidade Federal Rural de Pernambuco como requisito necessário para obtenção do Título de Mestre em Química.

Orientadora: Profa. Dra. Flávia Cristina Gomes Catunda Vasconcelos

CARUARU

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Bibliotecário(a): Auxiliadora Cunha – CRB-4 1134

A658s Araújo, Vinicius Andrey Bezerra de.
Sequência didática para o ensino de estequiometria com o auxílio de modelos e experimentação / Vinicius Andrey Bezerra de Araújo. – Recife, 2024.
96 f.; il.

Orientador(a): Flávia Cristina Gomes Catunda Vasconcelos.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Mestrado Profissional em Química (PROFQUI), Recife, BR-PE, 2024.

Inclui referências e apêndice(s).

1. Química - Estudo e ensino . 2. Estequiometria. 3. Phet Colorado. 4. Didática I. Vasconcelos, Flávia Cristina Gomes Catunda, orient. II. Título

CDD 540

FOLHA DE APROVAÇÃO

SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE ESTEQUIOMETRIA COM O AUXÍLIO DE MODELOS E EXPERIMENTAÇÃO.

Aprovado em: _____/_____/_____

Comissão Examinadora

_____

Profa. Dra. Flávia Cristina Gomes Catunda Vasconcelos
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE
(Orientadora)

_____

Prof. Dr. Danilo Gustavo Rodrigues Silva
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE
(1º Avaliador externo)

_____

Profa. Dra. Katia Cristina Silva de Freitas
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE
(1º Avaliador interno)

AGRADECIMENTOS

Esses parágrafos não serão suficientes para agradecer todas as pessoas que fizeram parte dessa importante fase de minha vida. Logo, peço desculpas àquelas que não estão presentes nessas palavras, mas elas podem estar certas de que fazem parte do meu pensamento e de minha eterna gratidão.

Agradeço a Professora Dra. Flávia Cristina Gomes Catunda Vasconcelos pela orientação, paciência e dedicação a esta dissertação, e por meio deste, também agradeço a toda comunidade da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, pelo apoio incondicional.

Gostaria de deixar registrado também o meu reconhecimento aos meus pais, Teresa Cristina da Costa Bezerra e Neilton Menezes de Araújo, pois acredito que sem o apoio deles seria muito difícil vencer esse desafio. Agradeço a minha irmã, Amanda Cecília, pela compreensão em diversos momentos e por muitas vezes me acompanhar nas aulas remotas, bem como agradeço minha tia, Tânia Cristina, que me ajudou imensamente no Recife.

Agradeço aos professores da banca examinadora pela atenção e contribuição dedicadas a este estudo. Como também a todos os professores que ao longo da minha jornada me ajudaram de diversas maneiras na minha aprendizagem.

Agradeço a minha esposa, Rayane de Lira, pelo carinho, amor apoio e compreensão em todas as etapas do Mestrado.

Agradeço aos meus amigos, principalmente aos companheiros de curso, com quem sempre fazíamos grupo de estudos para diversificar nosso aprendizado.

Enfim, agradeço todos que contribuíram de forma direta e indireta para a conclusão do Mestrado.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 15

2 OBJETIVO GERAL 19

2.1 Objetivos Específicos 19

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 21

3.1 Sequência didática no ensino de química 21

3.2 Ensino de estequiometria 23

3.3 Simulação química e uso de TIC 26

3.4 Experimentação 29

4 METODOLOGIA 31

4.1 Caracterização da pesquisa 31

4.2 Elaboração da Sequência Didática 33

4.2.1 Etapa I: Atividade experimental em grupo 33

4.2.2 Etapa II: Atividade com uso de TICs 36

4.2.3 Etapa III: Resolução de problemas 42

4.3 Coleta de dados 45

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES 46

5.1 Concepção da Sequência Didática 46

5.2 Validação da Sequência Didática 47

5.2.1 Aplicação da 1ª etapa 48

5.2.1.1 Análise dos resultados da 1ª etapa 51

5.2.2 Aplicação da 2ª etapa 60

5.2.2.1 Análise dos resultados da 2ª etapa 62

5.2.3 .Aplicação da 3ªetapa 65

5.2.3.1 Análise dos resultados da 3ª etapa 66

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS 82

7 REFERÊNCIAS 83

APÊNDICE.....92

RESUMO

Esse trabalho teve intuito de elaborar e validar uma sequência didática (SD) para o ensino de balanceamento químico e estequiometria das reações, conteúdo esse que está de acordo com as normas da Base Nacional Comum Curricular (BNCC). As atividades foram realizadas com base em experimento científico utilizando materiais cotidianos de fácil acesso como o bicarbonato de sódio e o ácido acético (encontrado no vinagre) e o uso de simulação computacional pela plataforma *Phet Colorado* que podem ser uma alternativa viável no ensino desses conteúdos de química. Posteriormente os alunos responderam exercícios e problemas sobre os conteúdos vivenciados pela SD com o intuito de auxiliá-los para a realização do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), que se trata da avaliação para o acesso as universidades públicas no Brasil e para diversas universidades particulares. Os resultados obtidos com a aplicação da sequência didática foram satisfatórios, demonstrando que as atividades propostas contribuíram significativamente para a compreensão dos alunos sobre balanceamento químico e estequiometria, além de prepará-los de forma eficaz para o ENEM.

Palavras-chave: Ensino de química, Estequiometria, *Phet Colorado,* Sequência Didática.

Abstract

This Project aimed to develop and validate a dicactic sequence (DS) for teaching chemical balancing and stoichiometry of reactions, a content that is in accordance with the guidelines of the Nation Common Curricular Base (BNCC). The activities were carried out based on a scientific experiment using everyday materials readily available, such as baking soda and acetic acid (vinegar), andthe use of computer simulation through the PhetColorado platform, which can be a viable alternative in teaching these chemistry contents. Subsequently, the students answered exercises and problems on the contents experienced through the DS in ordes to assist them in taking the National High School Examination (ENEM), which is the entrance exam for public universities in Brazil and also for various private universities. The results obtained from the implementation of the didactic sequence were satisfactory, demonstrating that the proposed activities significantly contributed to the students' understanding of chemical balancing and stoichiometry, as well as effectively preparing them for the ENEM.

Keywords: Dicactic sequence, Phet Colorado, stoichiometry, teaching of chemistry.

Lista de Figuras

Figura 01: Losango didático de Meheut (2005).....22
Figura 02: Resumo da Proposta da Sequência Didática.....47

Lista de Imagens

Imagem 01: Reagentes e materiais para o experimento.....34
Imagem 02: Página inicial para o Balanceamento das equações químicas.....37
Imagem 03: Simulação da Síntese da amônia.....37
Imagem 04: Página inicial para escolha do nível do balanceamento de equações...38
Imagem 05: Reação para o nível 1.....38
Imagem 06: Reação para o nível 2.....38
Imagem 07: Reação para o nível 3.....39
Imagem 08: Analogia para a formação de sanduíches.....39
Imagem 09: Reação da formação da água.....40
Imagem 10: Página inicial para escolha do nível de Reagentes, Produtos e Excesso.....40
Imagem 11: Nível 1 para Reagente, Produtos e Excesso.....41
Imagem 12: Nível 2 para Reagente, Produtos e Excesso.....41
Imagem 13: Nível 3 para Reagente, Produtos e Excesso.....41
Imagem 14: Resultado do experimento.....49
Imagem 15: Resultado do experimento de todos os grupos.....50
Imagem 16: Espaço para anotação/desenho do grupo 1.....55
Imagem 17: Espaço para anotação/desenho do grupo 2.....55
Imagem 18: Espaço para anotação/desenho do grupo 3.....56
Imagem 19: Espaço para anotação/desenho do grupo 4.....57
Imagem 20: Espaço para anotação/desenho do grupo 5.....58
Imagem 21: Espaço para anotação/desenho do grupo 6.....58
Imagem 22: Espaço para anotação/desenho do grupo 7.....59
Imagem 23: Utilização das simulações interativas pelos alunos.....61
Imagem 24: Equação balanceada de forma incorreta pelo grupo 5.....64
Imagem 25: Resposta do grupo 5 à questão 1.....67
Imagem 26: Resposta do grupo 1 à questão 1.....68
Imagem 27: Resposta do grupo 2 à questão 1.....68
Imagem 28: Resposta do grupo 5 à questão 2.....70
Imagem 29: Resposta do grupo 3 à questão 2.....71
Imagem 30: Resposta do grupo 2 à questão 2.....71
Imagem 31: Espaço para resposta do grupo 5 à questão 3.....73

Imagem 32: Resposta do grupo 3 à questão 3.....74
Imagem 33: Resposta do grupo 2 à questão 3.....74
Imagem 34: Resposta do grupo 4 à questão 4.....76
Imagem 35: Resposta do grupo 1 à questão 4.....77
Imagem 36: Resposta do grupo 5 à questão 4.....77
Imagem 37: Anotações do grupo 1.....79
Imagem 38: Anotações do grupo 2.....80
Imagem 39: Anotações do grupo 3.....81

Lista de Tabelas

Tabela 01: Resumo da Sequência Didática.....43
Tabela 02: Perguntas e respostas para atividade experimental sobre os participantes.....52
Tabela 03: Pergunta e respostas sobre o que acontecem quando se misturam esses materiais.....52
Tabela 04: Nível 01.....63
Tabela 05: Nível 02.....63
Tabela 06: Nível 03.....64
Tabela 07: Respostas para a Questão 1.....67
Tabela 08: Respostas para a Questão 2.....69
Tabela 09: Respostas para a Questão 3.....72
Tabela 10: Respostas para a Questão 4.....75

Lista de Siglas

2D - Duas dimensões

3D - Três dimensões

AVA - Ambientes Virtuais de Aprendizagem

BNCC - Base Nacional Comum Curricular

ENEM - Exame Nacional do Ensino Médio

ETEMFL - Escola Técnica Estadual Ministro Fernando Lyra

LDB - Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional

PhET - Physics Education Technology

PCN - Parâmetros Curriculares Nacionais

SD - Sequência Didática

TIC - Tecnologia da Informação e Comunicação

Lista de Gráficos

Gráfico 01: Porcentagem de respostas satisfatórias e insatisfatórias.....78

1 INTRODUÇÃO

Em 1998, o governo federal criou os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), que eram as diretrizes que nortearam a educação básica no Brasil. Eles estabeleceram conteúdos, objetivos e critérios para a avaliação do ensino e da aprendizagem. Os PCNs foram criados com o objetivo de padronizar e melhorar a qualidade de ensino em todo Brasil. Eles se aplicaram as escolas públicas e privadas de todo país e são atualizados regularmente para acompanhar as mudanças na sociedade e na tecnologia.

Os PCNs foram uma coleção de documentos que compuseram a grade curricular das instituições educativas públicas da Educação Básica no Brasil. Passados os anos, em 2017, tem-se a publicação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) que foi um documento elaborado com base nas diretrizes estabelecidas pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) que tem como objetivo definir o conjunto de conhecimentos, habilidades e competências que todos os estudantes devem desenvolver ao longo da educação básica que vai do ensino infantil até o ensino médio.

De acordo com a BNCC (2018), os alunos do ensino médio precisam compreender como acontece uma reação química e ter a habilidade de realizar cálculos que envolvam as quantidades de reagentes e produtos. A estequiometria é importante na química, já que é fundamental para determinar as quantidades de reagentes necessários em uma reação, bem como as quantidades de produtos que podem ser obtidos em uma determinada reação. Logo, muitas proporções podem ser feitas se tratando da estequiometria. Pode-se fazer associação de qual reagente utilizar em maior quantidade, qual utilizar em menor quantidade, seja por seu valor comercial ou até mesmo pelo fato de ser mais ou menos poluente ao meio ambiente.

Deve-se considerar também que a estequiometria da reação está associada a diversos fenômenos e pode ser aplicada em ramos e em assuntos específicos da química, como propriedades coligativas, cinética, química orgânica, bioquímica, entre outros. Em virtude disso, todos esses conteúdos químicos envolvem reações química importantes, o que se faz necessário para o conhecimento sobre a estequiometria da reação.

Segundo Costa (2013), entre os assuntos que os alunos apresentam dificuldade de aprendizagem encontra-se o cálculo estequiométrico. Isso pode acontecer por diversos motivos, como a existência de muitos cálculos e proporções, atrelada a uma defasagem de conhecimento matemático básico para a realização deles. Outro fator que pode influenciar nesse aspecto é o não balanceamento de reações químicas, enfatizando que esse balanceamento envolve representações numéricas associadas as substâncias. Além disso os alunos apresentam dificuldade em relacionar as grandezas e compreender o enunciado dos problemas propostos e exercícios. Levando assim, a uma memorização mecânica para uma possível resposta e não algo racionalizado. Ou seja, podemos fazer uma correlação desse aspecto com o ensino tradicional, onde os alunos são acostumados a memorizar as informações e não as compreender de forma correta.

Para Masetto (2003), a preocupação do professor no ensino tradicional é com o seu próprio ensino, ou seja, o professor vai para aula apenas para transmitir informações e experiências aos alunos com a expectativa que eles retenham, absorvam e reproduzam esses conteúdos para uma avaliação posterior. Visto isso, pode-se salientar que o ensino tradicional é um modelo educacional que se baseia na transmissão de informações do professor para os alunos por meio de aulas expositivas e instruções diretas. Segundo Rodrigues, Moura e Testa (2011) esse modelo é centrado no professor, que é o detentor do conhecimento e é responsável por transmiti-los aos alunos. Ainda pode-se dizer que o ensino tradicional é caracterizado pela ênfase na memorização e repetição de informações, sem que haja um foco na compreensão profunda do conteúdo ou no desenvolvimento de habilidades práticas. As avaliações geralmente são baseadas em testes e provas escritas, e a participação dos alunos é limitada.

É importante salientar que muitos alunos apresentam dificuldade no conhecimento de matemática básica, fato esse que dificulta o ensino de química, já que a química e suas representações estão associadas grandemente com a matemática. Logo, os alunos não conseguem compreender quantidades químicas representadas muitas vezes, sejam essas quantidades em relação a átomos, moléculas, íons, volume, massa, ou até os índices de uma fórmula.

Visto isso, vale enfatizar que a química é uma das disciplinas do currículo escolar em que os alunos apresentam uma maior dificuldade de aprendizagem dos conteúdos programados. Essas dificuldades, entre outros fatores, podem ser

resultantes da falta de contextualização e do conhecimento químico pelo professor, que por muitas vezes exerce apenas o papel de transmissor de conhecimentos prontos e acabados, sem ter a preocupação devida em fazer alguma relação com as vivências dos discentes e concepções com o conteúdo abordado em sala. (Germano, 2010; Sá & Silva, 2008)

A abordagem da Química escolar não deve continuar a mesma do ensino tradicional que era aplicada no século passado. Antes, o professor era o detentor de todo o conhecimento e transmitia esse conhecimento para os alunos de forma mecânica e automatizada, não existindo uma preocupação com as interpretações possíveis dos alunos ou até existindo um espaço para discussão. O ensino moderno deve acontecer por questionamentos, discussões e debates em sala de aula, onde o aluno tenha vez de falar e possa ser questionado fazendo-o pensar e questionar os fenômenos. Não se pode mais aceitar o ensino por meio de memorização de conteúdos e fórmulas, pois essa forma de ensino não é atrativa para o aluno.

Para transformar o ensino-aprendizagem e deixá-lo mais atrativo e mais presente no cotidiano do aluno, uma alternativa que possa ser considerada eficaz é a elaboração de uma sequência didática (SD). Para que a SD seja bem estruturada e possa proporcionar um ensino eficaz, ela deve considerar as características dos alunos, as metas a serem atingidas e os objetivos de aprendizagem, tudo isso atrelado aos recursos disponíveis no ambiente de ensino. Também deve promover a participação ativa dos alunos e o incentivo dos mesmos ao diálogo, reflexão e resolução de problemas (Zabala, 1998).

Ademais, muitas vezes a metodologia utilizada para o ensino de Química prioriza a memorização, seja ela de conceitos, fórmulas, reações, resolução de questões, entre outros, ignorando a importância de mostrar aos alunos a necessidade do entendimento da química nas nossas vidas com o que ela representa e da sua utilização no cotidiano. Costa et al. (2005, p. 31) mostram que a metodologia tradicional de ensino de Química na Educação Básica se destaca pela utilização de regras, fórmulas e nomenclaturas, gerando uma grande desmotivação entre os alunos. Considerando esses aspectos vistos e atrelando-os ao cotidiano, temos que inovar o ensino para o tornar mais atrativo aos alunos. Sendo assim, a SD com a utilização de modelos e experimentos tornando as aulas

mais dinâmicas e atrativas aos alunos, pode vir a se tornar um potencializador do ensino.

Visto isso, atrelado a SD, um mecanismo que pode ser utilizado para ajudar no ensino-aprendizagem de química são recursos didáticos oriundos das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC), os quais pode auxiliar na compreensão dos fenômenos, principalmente quando utilizado a outros recursos como por exemplo, a representação de modelos físicos e experimentos.

A necessidade de inserção de recursos tecnológicos em cursos de formação docente está contemplada nas Diretrizes Curriculares Nacionais para Formação de Professores da Educação Básica, em nível superior (BRASIL, 2002). No artigo 2, inciso VI, “o uso de tecnologias da informação e da comunicação e de metodologias, estratégias e materiais de apoio inovadores”. Corroborando tal proposta, Correia (2008) afirma que essas tecnologias auxiliam no desenvolvimento das competências dos estudantes, pois é capaz de explorar a aprendizagem de uma forma interativa e lúdica, permitindo novos processos educativos, experiências, descobertas e formas de aprender.

Nessa vertente, o uso de modelos computacionais pode trazer muitos benefícios para o ensino, permitindo que os alunos visualizem e compreendam conceitos abstratos e complexos de uma forma mais concreta e intuitiva. Entendesse por modelo computacional representações simplificadas e abstratas de sistemas ou processos do mundo real, criadas a partir de técnicas e ferramentas computacionais. Dentre outros, os modelos são utilizados para simular, analisar e compreender o comportamento e as interações de sistemas, muitas vezes que possam ser difíceis ou impossíveis de serem estudados diretamente, segundo Basso e Galembeck (2005). Pode-se citar como exemplo a visualização das representações de conceitos abstratos, onde esses modelos podem ajudar os alunos a visualizarem esses conceitos abstratos e complexos, como na representação de reações pelo *PhET Colorado*. Outro fato importante que se deve levar em consideração ao uso de modelos computacionais, é o fato de que as reações são simuladas e não geram riscos de acidentes para os alunos ou até mesmo não geram resíduos, que por muitas vezes não tem onde serem descartados e podem até poluir o ambiente.

Zilli (2022) afirma que uma alternativa ao ensino de química no Ensino médio é o uso do simulador *PhET Colorado* no estudo e práticas fundamentadas em

conteúdo elaborado pelo docente. Esse simulador favorece a aprendizagem permitindo a aplicabilidade de teorias difíceis de serem praticadas. Entretanto, o *Phet Colorado* não é único simulador para o ensino de química, existem outros simuladores, como o *Khan Academy, ChemCollective, Labster*, entre outros.

Além das TIC e da sua grande relevância na educação, é viável ressaltar a importância das experimentações para o ensino de química. Guimarães (2009), afirma que a experimentação é uma estratégia eficiente para problematização e consequentemente uma contextualização para o estímulo de questionamentos de uma investigação.

A atividade experimental destaca-se numa SD por tirar o aluno do ensino tradicional, onde ele consegue interagir com o experimento pelo aspecto visível e contextualizar com os assuntos vistos nas aulas.

Com isso, temos que o experimento é importante, pois faz com que o aluno tenha um aprendizado ativo, onde ele realiza o experimento e a partir daí consegue assimilar melhor os conceitos químicos. Além disso, o aluno pode desenvolver capacidades de observação, medição, registro e análise de dados. Outro fator importante relacionado ao experimento é incentivar o aluno a resolução de problemas, onde ele precise ser criativo para chegar num resultado específico tendo que desenvolver alguma ideia.

Nesta perspectiva, buscou-se investigar como uma sequência didática com uso de atividade experimental e simulação, viabilizaria a compreensão do conteúdo de estequiometria em estudantes da educação básica.

2 OBJETIVO GERAL

Validar uma sequência didática sobre balanceamento químico e estequiometria de forma contextualizada para o ensino de química, utilizando recursos como a experimentação e simulação *Phet Colorado*.

2.1 Objetivos Específicos

- Compreender como ocorrem as reações químicas e realizar o balanceamento delas por meio de modelos teóricos, entendendo seus conceitos e especificidades.

- Contextualizar o ensino de balanceamento e cálculos estequiométricos com o cotidiano dos alunos.

- Fomentar o uso de TIC no estuda da Química, reconhecendo a diferença entre modelos teóricos e experimentais.

- Incentivar o trabalho coletivo e o pensamento crítico acerca dos fenômenos vistos nas reações através de experimento e simulação, e resolução de problemas.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesse capítulo será apresentado, em partes, os conceitos necessários para a elaboração e desenvolvimento dessa pesquisa. A divisão será feita em subtópicos com fundamentações teóricas acerca de: Sequência didática para o ensino de química; Ensino de estequiometria; Simulação química e uso de TIC; Experimentação.

3.1 Sequência didática no ensino de química

A Sequência Didática (SD) é um conjunto de atividades ligadas entre si, planejadas para ensinar um conteúdo programado, etapa por etapa, organizadas de acordo com os objetivos que o professor quer alcançar para aprendizagem de seus alunos e envolvendo atividades de avaliação que pode levar dias, semanas ou durante todo o ano letivo. É uma maneira de encaixar os conteúdos a um tema e por sua vez a outro tornando o conhecimento lógico ao trabalho pedagógico desenvolvido (PERETTI, 2013).

A autora ainda afirma que a SD também permite a interdisciplinaridade, ao tratar de um tema na disciplina elencada que poderá recorrer a especificidades de outras permitindo explorar o conhecimento globalmente, diminuindo a fragmentação. Durante o planejamento é possível determinar as possibilidades de trabalho interdisciplinar durante o tempo desejado.

Zabala (1998) afirma que a SD é amplamente utilizada como uma ferramenta para reforçar a relação entre a conjectura ensinada e a prática desenvolvida na sala de aula. A atuação do professor deve ser dada de forma a orientar as atividades por meio de intervenções, fazendo com que ocorra uma maior eficácia da aprendizagem na sala de aula. Ainda de acordo com o autor, isso só se torna possível quando se detém um conhecimento mais profundo das variáveis que intervêm nos processos de ensino e aprendizagem.

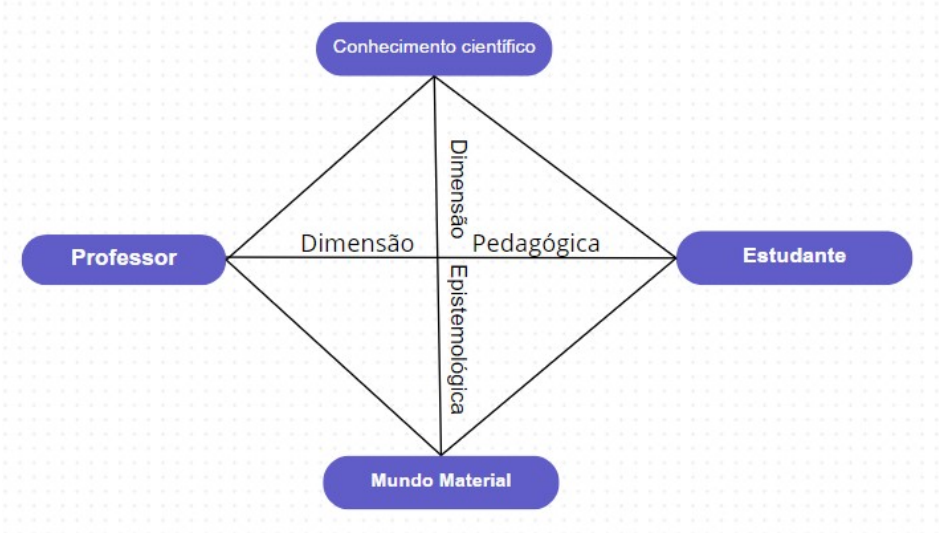
Zabala enfatiza que uma SD eficaz deve ser iniciada de forma cuidadosa e deve ser considerado os recursos dos alunos como metas e objetivos de aprendizagem. A SD deve promover a participação ativa dos alunos e incentivo ao diálogo, reflexão e resolução de problemas. Com uma SD interativa e integrada, os alunos são capazes de construir o conhecimento de maneira mais eficaz e

significativa, o que contribui para o desenvolvimento de habilidades e competências essenciais para o sucesso acadêmico e profissional.

Meheut (2005, apud LEITE 2020), afirma que a SD é desenvolvida a partir de um conjunto de atividades interligadas entre si que possibilitam a aprendizagem do conhecimento científico pelos estudantes. Essas atividades expressam 4 componentes distintos: o professor; os alunos; o mundo real e conhecimento científico, que associados privilegiam a dimensão epistêmica e a pedagógica. A dimensão epistêmica é a relação entre o mundo material e o conhecimento científico, ou seja, como entendemos o que é o conhecimento, como ele é produzido e como é justificado. A epistemologia explora perguntas como: O que é conhecimento? Como podemos alcançá-lo? Quais são as fontes de conhecimento? As diferentes perspectivas epistemológicas influenciam nas concepções de como a educação deve ser estruturada e como o conhecimento deve ser ensinado. A dimensão pedagógica permeia o papel do professor, do aluno e as interações existentes, referem-se as abordagens, estratégias e práticas educacionais relacionadas ao ensino e à aprendizagem, sendo relacionadas à forma como o conhecimento é transmitido, como os alunos estão envolvidos no processo de aprendizagem e como ocorre a interação entre os professores e alunos.

Meheut (2005) formulou as articulações do losango didático, no qual associa o conhecimento científico, professor, mundo material e aluno de acordo com a dimensão pedagógica e a epistemológica.

Figura 01: Losango Didático de Meheut (2005)



Fonte: Autor (2024)

Em relação ao ensino de química, Fernandes e Campos (2017) ressaltam a importância de que as novas demandas e tendências educacionais partam do princípio de uma aprendizagem mais dinâmica e contextualizada, possibilitando, assim, um aprendizado significativo pela SD. Os autores ainda enfatizam o fato de os professores compreenderem a necessidade de elaborar atividades de ensino planejadas e mais atraentes que tenham o poder de descentralizar a aula do padrão cuja prioridade é exclusiva para a abordagem conceitual, proporcionando associações do conhecimento científico ao cotidiano.

Em consonância, Leite (2020) enfatiza que a elaboração de uma SD é fruto de planejamento didático, em que a organização e evolução dos conteúdos devem ser coerentemente articuladas.

Nessa perspectiva, de acordo com Carvalho (2020), uma SD para ensino de Química deve ser articulada com a realidade dos alunos, com o intuito de diminuir a abstração dessa disciplina e de aproximá-la das necessidades dos alunos e da sociedade.

3.2 Ensino de Estequiometria

De acordo com Costa (2013), os conceitos de Química são ensinados nas escolas desde o Ensino Fundamental e mais especificamente no Ensino Médio. Porém, como muitos estudos sobre esta área mostram, a Química é apresentada ao aluno muitas vezes apenas na teoria e não na prática, e poucas vezes ela é vinculada ao cotidiano do aluno. Os professores apresentam os conteúdos por meio de aulas tradicionalistas, em que expõem os conceitos, exemplos e exercícios resolvidos e propostos que pouco estimulam o desenvolvimento dos alunos.

Alguns estudos evidenciam a dificuldade em estequiometria: Cálculo estequiométrico: o terror nas aulas de química (GOMES, 2007); Obstáculos no Processo de ensino-aprendizagem de cálculo estequiométrico (DA COSTA, 2013); O estado da arte sobre estequiometria: dificuldades de aprendizagem e estratégias de ensino (SANTOS, 2013); experimentando e “adoçando” o Ensino de Química: das dificuldades em estequiometria à confecção de alfajores (PRICINOTTO, 2020), entre outros.

Costa (2013) afirma que a metodologia utilizada no ensino de química, na maioria das vezes, prioriza a memorização de conceitos, de fórmulas, de reações,

ignorando a importância de mostrar aos alunos a verdadeira importância desta disciplina e o que ela representa em suas vidas.

Em consonância, Bernardelli (2004), afirma que muitos alunos do ensino médio enfrentam dificuldades ao aplicar conceitos em situações comuns ao dia a dia. Isso ocorre devido à ênfase excessiva ainda colocada na memorização de fórmulas, nomes e tabelas. O autor ressalta a importância de criar ambientes propícios e agradáveis para o processo de ensino e aprendizado. Isso envolve aproveitar a experiência prévia dos alunos, os eventos cotidianos, a tradição cultural e até mesmo a influência da mídia. O objetivo principal é reconstruir o conhecimento químico, permitindo que o estudante reinterprete o mundo ao seu redor com uma nova perspectiva.

Segundo Beltran e Ciscato (1999) a estequiometria e seus cálculos são partes da química que estudam a quantidade de matérias (número de mols) envolvidas em uma reação química. Entretanto, para se compreender esse assunto específico, é essencial para o aluno conseguir expressar as quantidades de uma substância, seja ela expressa pelo seu número de mols, volume no estado gasoso, volume de solução aquosa e em massa. A interpretação correta de uma equação de reação química é fundamental para o estudo dos cálculos que determinam as quantidades de substâncias envolvidas.

Cazzaro (1999) explica a origem da palavra estequiometria (do grego *stoicheon*, elemento e *metron*, medida), e afirma que ela foi mencionada em 1792 por Ritcher, relacionando as medidas dos elementos químicos nas substâncias em uma reação. Pode-se dizer, de maneira mais atual, que a estequiometria e seus cálculos fornecem informações de aspectos quantitativos relacionados as fórmulas das substâncias químicas participantes da reação.

Cazzaro (1999) ainda afirma que a estequiometria está relacionada com base nas leis ponderais, de maneira específica, na lei da conservação de massas, que pode ser enunciada como “a soma das massas dos reagentes é sempre igual à massa dos produtos”, definida por Lavoisier (1785), e também na lei das proporções definidas, introduzida por Proust (1799), enunciada como “uma substância, qualquer que seja sua origem, apresenta sempre a mesma composição em massa”.

Segundo Silva (2014), de uma maneira geral, o conteúdo de estequiometria é apontado como sendo difícil de ensinar e aprender, já que para haver um aprendizado relevante de estequiometria há que se envolver uma série de

habilidades, tais como: aritméticas, raciocínio de proporcionalidade, conceituação de reações químicas, interpretação da equação química, conceitos de mol, massa molar, entre outros. Tradicionalmente, o ensino de estequiometria é realizado por meio de uma abordagem ritualista, seguida de exercícios de fixação.

De acordo com Vidal (1970, apud Migliato Filho 2005), baseando-se no caráter histórico da química, a estequiometria teve início no século XVIII, com Richter que foi o aluno do filósofo Immanuel Kan, onde ele acreditava que todas as ciências eram ramos da matemática. Na década posterior a morte de Lavoisier, Richter publicou três livros sobre as relações matemáticas e foi então que ele criou a expressão estequiometria. Em geral, os químicos se entregavam às investigações quantitativas e admitiam que os corpos químicos tinham composições bem definidas.

Para Migliato Filho (2005), a estequiometria é um dos conteúdos de química que os alunos mais relatam dificuldades. O motivo principal para toda essa dificuldade seria pela correlação dos conceitos químicos com os cálculos matemáticos. Entretanto, a didática utilizada pelos professores pode influenciar na aprendizagem. A utilização de recursos tradicionalistas como quadro, caderno e livros, podem dificultar o processe de ensino-aprendizagem.

Acerca da dificuldade dos alunos em estequiometria, Boujaoude e Barakat (2000) identificaram e descreveram os equívocos e as estratégias dos estudantes quando resolvem problemas relacionados aos cálculos estequiométricos. Os testes aplicados pelos autores, revelaram que os alunos apresentam dificuldade em cinco tópicos, que são as quantidades molares, o reagente limitante, a conservação da matéria, o volume molar e os coeficientes químicos em uma equação.

Para Lima e Lima-Neto (1999, apud Carvalho 2020) é possível deixar o ensino de Estequiometria mais interessante e lúdico, aproximando o aluno a sua realidade. Uma dessas formas de aproximação é pela utilização de modelos moleculares e a experimentação como recursos facilitadores. Esses recursos podem melhorar tanto a visualização das ligações nas moléculas, quanto na interpretação das proporções, podendo assim despertar o interesse visual do aluno.

Alguns pesquisadores distintos têm relatado as dificuldades dos alunos com a estequiometria em diferentes aspectos. Gabel e Sherwood (1984, apud Costa 2008) relatam que as maiores dificuldades dos alunos estão em notação científica e na relação microscópica; Yarroch (1985, apud Costa 2008) estudou acerca das dificuldades apresentadas pelos alunos no balanceamento de equações químicas,

como as contagens de átomos, identificação de compostos e elementos, entre outros.

3.3 Simulação Química e uso de TIC

Schneider (2019) afirma que a popularização da internet expandiu o leque de possibilidades de auxílio ao professor, não apenas no processo educativo, mas sobretudo para o seu próprio desenvolvimento. Esse avanço possibilitou a formação de comunidades virtuais que se expandiram no âmbito educacional, dando origem aos Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA).

Para Nevado (2008, apud Schneider 2019), a evolução tecnológica está redimensionando os meios e formas de se ensinar e aprender, destacando que o uso das TICs vem crescendo em diversificados contextos educativos como forma de ampliação dos espaços pedagógicos, facilitando o acesso à informação e a comunicação.

Segundo Kenski (2003), o uso da internet como recurso pedagógico pode auxiliar no processo ensino-aprendizagem, visto que tanto o professor quanto o aluno têm acesso a diferentes tipos de materiais. Entretanto, vale salientar que o acesso a esses materiais não garante a eficácia do ensino.

Complementando Kenski, Schneider (2019) realça que o professor necessita desenvolver atitudes de proatividade, autonomia e criatividade no planejamento e implementação das aulas para promover a aprendizagem, tanto em relação ao conteúdo, quanto em relação ao uso da tecnologia.

Behar (2009), destaca que:

> Os recursos digitais [...] surgem como uma ferramenta capaz de potencializar a reestruturação de práticas pedagógicas, originando novas formas de pensar a respeito do uso da comunicação, da ciência da informação, da construção, do conhecimento e da sua interação com a realidade. [...] Porém, a utilização da tecnologia pela tecnologia não é o suficiente para a contemplação de uma nova concepção educacional. O diferencial está no planejamento pedagógico em que esses recursos digitais estão inseridos. Será preciso contemplar uma pedagogia baseada na pesquisa, no acesso a informação, na complexibilidade, na diversidade e na

> imprevisibilidade, de modo a possibilitar a criação de novos ambientes cognitivos. (BEHAR, 2009, p. 33).

Nesse contexto as simulações possuem destaque, de acordo com Paula (2017), as simulações seguem três critérios, os quais podem ser descritos como: i) recursos que possuem muita interatividade do estudante, sendo esta interação podendo ser alta, média e baixa, com variáveis que podem ser manipuladas; ii) possui informações que podem ser quantitativas, mas não é uma característica predominante; e por fim, iii) exploram representações que podem ser de entidades as quais processam o modelo científico.

De acordo com Vasconcelos (2020), para que o ensino das Ciências da Natureza seja didático e elaborado, sabe-se que a utilização de recursos computacionais em sala de aula, sejam eles do tipo de 2 dimensões ou 3 dimensões (2D e 3D), potencializam o processo de ensino e aprendizagem. De tal forma, os alunos podem navegar entre os vários modos de representação dos fenômenos que são explorados nesta área.

A autora ainda enfatiza que explorar o campo sensorial visível com os gráficos e tabelas, perpassando pelas interações a nível atômico molecular, viabilizam a compreensão da Química, que é considerada por muitos como uma ciência abstrata e de difícil compreensão.

À medida em que a tecnologia se torna presente no dia a dia das pessoas, bem como nas ações em sociedade, identifica-se que o seu uso no contexto educacional se faz presente, principalmente com o uso das tecnologias digitais, trazendo o aluno para um contexto atual (Alkan; Koçak, 2015).

Vasconcelos (2016) afirma que o uso de simulações no ensino de química pode ser um aliado para a compreensão de conceitos e fenômenos considerados abstratos e de difícil assimilação dos alunos, como representações a nível atômico - molecular e suas relações com os aspectos macroscópicos. Portanto, as simulações são ferramentas que podem contribuir para a compreensão de fenômenos que, de certo modo, são imperceptíveis aos olhos.

De modo semelhante, Zacharias, Anderson (2003) e Meggiolaro (2020), afirmam que as simulações são ferramentas que podem vir a facilitar o processo de ensino-aprendizagem, pois existe a possibilidade de se fazer analogias para o melhor entendimento conceitual de sistemas químicos. Paula (2015) diz que as

simulações são recursos computacionais que apresentam certo grau de interatividade entre o estudante e a plataforma e que quanto maior o número de variáveis possíveis para interação, maior será o grau de interatividade da simulação.

Para Vasconcelos (2016), a inclusão de TICs no ensino de química pode viabilizar a compreensão de fenômenos químicos perpassando pelos três modos representacionais da química, que são eles: macroscópico, submicroscópico e simbólico. Entretanto, essa transição de representações deve ser bem explorada para que não ocorra uma compreensão equivocada.

Bezerra e Vasconcelos (2019) afirmam ainda que para a simulação acontecer de forma eficaz, é importante que os professores tenham acesso e compreendam as potencialidades e limitações dos recursos utilizado, bem como saibam em quais momentos esses recursos devem ser incrementados nas aulas. As autoras ainda ressaltam a importância da complementaridade dessas atividades com experimentos, pois ambas apresentam potencialidades integradas às temáticas trabalhadas com os estudantes.

É importante frizar que o simulador *Phet Colorado* é uma coleção de simuladores interativos e educacionais em ciências e matemática. Foi desenvolvido pelo grupo de educação Interativa da Universidade do Colorado *Boulder,* também conhecido como *Phet Interactive Simulations.* Esses simuladores são gratuitos e podem ser acessados por meio do seu site oficial. Esses simuladores são conhecidos por sua interface amigável, gráfica e intuitiva, oferecendo a capacidade de ajustar variáveis, observar resultados, medir e explorar diferentes cenários.

O próprio site explica o seu funcionamento e suas características. Temos que:

> “O PhET oferece simulações de ciência e matemática divertidas, gratuitas, interativas e baseadas em pesquisa. Testamos e avaliamos extensivamente cada simulação para garantir a eficácia educacional. Esses testes incluem entrevistas com alunos e observação do uso da simulação em salas de aula. As simulações são escritas em HTML5 (com algumas simulações legadas em Java ou Flash), e podem ser executadas *online* ou baixadas para o seu computador. Todas as simulações são de código aberto (veja nosso código-fonte). Vários patrocinadores apoiam o projeto PhET, permitindo que esses recursos sejam gratuitos para todos os alunos e professores.”

No que se refere as simulações, Vasconcelos (2015) destaca o PhET Colorado no ensino de química. A autora afirma que as simulações fornecem ao usuário a interatividade com o recurso e as condições para a compreensão de causa e efeito quando realizam determinado mecanismo proposto na simulação. Assim sendo, traz os alunos para a compreensão da química com conexões com o mundo real. Em concordância, Brasileiro e Matias (2019) afirmam que as simulações computacionais representam uma ferramenta útil no ensino, pois possibilitam não somente a reprodução de fenômenos difíceis de realizar em sala de aula, mas também a visualização de fenômenos em escala submicroscópica, que demandam um alto grau de abstração.

A integração de simulações computacionais no ensino de química, permite que os alunos explorem conceitos teóricos de maneira visual e interativa. Isso pode aumentar a compreensão, aprofundar o aprendizado e fornecer uma perspectiva prática sobre os cálculos estequiométricos e as reações químicas.

3.4 Experimentação

Visando solucionar os problemas dos alunos pelo desinteresse nas aulas, várias propostas vêm sendo apresentadas. Dentre estas, pode-se destacar o emprego de aulas experimentais. A Química surgiu como uma ciência experimental, onde os modelos e conceitos foram construídos a partir da observação dos fenômenos naturais. De forma análoga, as aulas experimentais são componentes fundamentais para a construção do conhecimento no processo de ensino-aprendizagem. Apesar da experimentação sempre ter estado presente no ensino de Química, somente nas últimas décadas despontaram propostas de atividades preocupadas com a formação de conceitos e adequação à realidade do aluno. Estas propostas procuraram contextualizar os conteúdos químicos e suas aplicações tecnológicas nos âmbitos social, histórico, político e ambiental (Merçon, 2003).

Ainda segundo o autor, as atividades práticas consistiram em um excelente recurso didático para a construção do conhecimento. O emprego desta estratégia favorece tanto o caráter investigativo quanto a capacidade de tomada de decisão. Além de colaborarem para a formação do pensamento crítico, estes fatores são fundamentais na construção da cidadania.

Galiazzi (2001, apud Silva 2016), aponta que as atividades experimentais foram inseridas nas escolas devido a influência de trabalhos desenvolvidos nas universidades que tinham o intuito de melhorar a aprendizagem do conhecimento científico através da aplicação do que foi aprendido.

Para Guimarães e Giordan (2009), a metodologia experimental, não deve ser pautada nas aulas do tipo “receita de bolo”, em que os aprendizes recebem um roteiro para seguir e devem obter os resultados que o professor espera, tampouco apetecer que o conhecimento seja construído pela mera observação.

Ainda sobre Guimarães, quando o experimento é realizado com a intenção de que os alunos obtenham os resultados esperados pelo professor, não há problema algum a ser resolvido, e o aprendiz não é desafiado a testar suas próprias hipóteses ou encontrar inconsistência entre sua forma de explicar e a aceita cientificamente. Terá apenas que constatar a teoria e desprezar as divergências entre o que ele percebeu e o que acha que o professor espera que ele obtenha.

Para Silva (2016) o conhecimento químico pode se apresentar em três formas de abordagem: a fenomenológica, a teórica e a representacional. Na abordagem fenomenológica residem os pontos chave relacionados ao conhecimento e que podem apresentar uma visualização concreta, de análise e determinações; já na teórica, em que temos explicações embasadas em modelos tais como átomos, íons etc, necessários para produzir as explicações para os fenômenos; e pôr fim a representacional, que engloba dados pertencentes à linguagem característica da Química, tais como fórmulas, equações.

Com isso, para uma devida ligação entre os níveis de abordagem, Oliveira (2010, apud Silva 2016) a experimentação apresenta contribuições importantes, como motivar e despertar o interesse do aluno; desenvolver trabalhos em grupo; estimular a criatividade; aprimorar a capacidade de observação e registro; analisar dados e propor hipóteses; detectar e corrigir erros conceituais; aprimorar habilidades manipulativas etc.

4 METODOLOGIA

O trabalho consiste em uma pesquisa qualitativa sobre o ensino de química, especificamente nos conteúdos de estequiometria e o balanceamento de reações. Minayo, Deslandes e Gomes (2011) entendem a metodologia da pesquisa como o caminho do pensamento e a prática exercida na abordagem da realidade. Os autores ainda afirmam que a metodologia inclui o método, as técnicas utilizadas e a experiência e criatividade do pesquisador. Ainda sobre os autores é enfatizado que a pesquisa é a atividade básica da ciência na sua indagação e construção da realidade. A pesquisa é a fonte da atividade de ensino e a atualiza frente a realidade do mundo.

A pesquisa foi realizada com o auxílio de experimentação e de TIC, com 32 alunos participantes de uma turma do 1º ano do ensino médio, escolhida de forma aleatória, da Escola Técnica Estadual Ministro Fernando Lyra (ETEMFL), localizada no município de Caruaru, Pernambuco.

A elaboração da SD ocorreu com 6 aulas de 50 minutos, na qual foram realizados 3 encontros de aulas germinadas, sendo assim, 3 encontros de 100 minutos. O primeiro encontro foi direcionado para a investigação da reação química ocorrendo por meio de experimentação realizada no laboratório de química da escola. O segundo encontro, ocorreu no laboratório de informática, onde os alunos utilizarão simulações. O terceiro e último encontro foi na sala de aula, onde os alunos receberam e resolveram questões-problemas do ENEM com os conteúdos vivenciados nos encontros anteriores.

4.1 Caracterização da pesquisa

Segundo Goldenberg (1997), a pesquisa qualitativa, não se preocupa com representatividade numérica, mas, sim, com o aprofundamento da compreensão de um grupo social, de uma organização etc. Os pesquisadores que adotam a abordagem qualitativa opõem-se ao pressuposto que defender um modelo único de pesquisa para todas as ciências é inviável, já que as ciências sociais têm sua especificidade, o que pressupõe uma metodologia própria.

Para Minayo (2001), a pesquisa qualitativa trabalha com o universo de significados, motivos, aspirações, crenças, valores e atitudes, o que corresponde a

um espaço mais profundo das relações, dos processos e dos fenômenos que não podem ser reduzidos à operacionalização de variáveis.

Em consonância, Neves (1996) afirma que esse tipo de pesquisa compreende um conjunto de diferentes técnicas interpretativas que visam a descrever e a decodificar os componentes de um sistema complexo de significados, bem como, afirma que tem por objetivo traduzir e expressar o sentido dos fenômenos do mundo social.

Godoy (1995) afirma que os estudos denominados qualitativos têm como preocupação fundamental o estudo e a análise do mundo empírico em seu ambiente natural. Nesse aspecto, podemos perceber a importância desse tipo de pesquisa, por não precisar realocar o objeto de estudo, fazendo com que o mesmo permaneça na sua forma natural.

Logo, a pesquisa qualitativa está num nível de realidade que não pode ou não deveria ser quantificado. Os autores ainda relatam que a pesquisa qualitativa é dividida em 3 etapas: (1) fase exploratória, que consiste na produção do projeto de pesquisa e de todos os procedimentos necessários para preparar a entrada em campo; (2) trabalho em campo, que consiste em levar para a prática empírica a construção teórica aplicada na primeira etapa; (3) análise e tratamento do material empírico e documental, que diz respeito ao conjunto de procedimentos para valorizar, compreender, interpretar os dados e articulá-los com a teoria fundamentada.

Nessa vertente, a pesquisa foi realizada por meio de intervenções que agucem o senso crítico do aluno, onde eles possam interagir entre si, questionar e debater com o professor e colegas sobre o que está sendo discutido. Esses questionamentos serão aguçados por meio da experimentação e pelo uso de TIC.

A experimentação é importante nesse processo, pois desempenha um papel fundamental no ensino de química devido à sua importância e benefícios. Segundo Farias, Martin e Cristo (2015), a aprendizagem está relacionada ao envolvimento do aluno no processo de ensino-aprendizagem, onde ele tem a oportunidade de manipular materiais, observar fenômenos, coletar dados e tirar suas próprias conclusões. Dessa forma o estudante se encontra estimulado a participação e engajamento nas atividades.

4.2 Elaboração da Sequência Didática

Uma SD se trata de um conjunto organizado de atividades pedagógicas que visam alcançar objetivos de aprendizagem específicos. Ela tem o papel crucial no processo de ensino e aprendizagem, fornecendo uma estrutura coerente para o desenvolvimento das habilidades dos alunos. A SD realizada nessa dissertação encontra-se no apêndice de maneira detalhada.

Zabala (1998) afirma que as sequências didáticas devem ser planejadas e desenvolvidas com fins de determinados objetivos educacionais, com início e fim conhecidos tanto pelos professores, quanto pelos alunos.

Em consonância, Brasil (2012), afirma que as SD são uma ferramenta importante na construção do conhecimento. Na elaboração da SD, o professor pode incluir atividades diversas como leitura, pesquisa, diálogo, produção textual, práticas, entre outros. Pois, a SD visa trabalhar um conteúdo específico da exploração inicial até a formação de um conceito.

Com isso, nessa pesquisa, os alunos serão divididos em grupos de 5 integrantes de forma aleatória, seguindo a autonomia deles para integrar o grupo que lhe é mais conveniente e assim que os mesmos tenham mais autonomia para debater sobre o experimento. A seguir será representada a SD.

4.2.1 Etapa I: Atividade experimental em grupo

Número de aulas / minutos: 02 aulas / 100 minutos.
Temas: Reações químicas e estequiometria

A escolha desse tema teve a proposta de realizar uma prática em grupo onde os alunos conseguiram determinar que em proporções de quantidades diferentes de reagentes, obtiveram quantidades diferentes de produtos e dependendo das quantidades utilizadas, um reagente foi consumido por completo ou esteve em excesso.

Conteúdos químicos: Introdução às reações químicas e sua importância. Também foi discutido acerca das mudanças químicas que ocorreram em uma

reação e o conceito de proporções para determinar quantidades de reagentes e produtos.

Atividade Proposta: Os alunos que participaram da atividade experimental, são voluntários e foram orientados acerca de todo processo. A princípio, foram instruídos a tentar identificar os reagentes, bem como foram questionados da possibilidade de encher a bexiga (bola de sopro) sem soprar.

Imagem 01: Reagente e materiais para o experimento

Imagem 01: Autor (2024)

É importante ressaltar que o uso da pisseta para o experimento foi devido a estabelecer um padrão, para que todos os líquidos ficassem em recipientes com o mesmo volume. Entretanto, para aplicação dessa SD, pode-se utilizar garrafas de Polietileno Tereftalato (PET).

Em seguida, cada grupo debateu internamente suas hipóteses sobre a reação para uma discussão posterior com toda a turma. Posteriormente, cada grupo se apresentou para toda a turma mostrando o seu experimento, revelando as quantidades que receberam e as suas observações sobre o experimento. A hipótese é que os alunos conseguiram perceber que em determinadas quantidades diferentes

uma substância pode reagir por completo ou não reagir, fazendo uma associação a reagente limitante e em excesso.

Os alunos foram instruídos a responder questionamentos (a folha de atividade se encontra no apêndice) sobre o experimento, tais como: conseguiram identificar quais reagente receberam? Sobrou algum reagente ao final do experimento? Algo deu errado no experimento? O quê? Foi evidenciado a formação de algum produto? Qual seria esse produto?

Como as atividades foram realizadas em grupo, é importante ressaltar que de acordo com Castro e Ricardo (1993), um grupo é um conjunto de pessoas interagindo entre si com consciência uma das outras. Os autores ainda afirmam que só o fato dos integrantes estarem juntos, não formam um grupo, é necessária uma característica comum a todos para assim ser classificado como grupo.

Monteiro (2012) destaca que a aprendizagem cooperativa (em grupo) pode ser mais positiva pela interação dos alunos às suas aprendizagens do que a aprendizagem individualista. Niza (1998) reitera que a cooperação, como um processo educativo onde os alunos trabalham juntos para atingirem seus objetivos e que isso tem revelado uma melhor estrutura social para a aquisição de competências, contrariando a tradição individualista e competitiva que muitas vezes é empregada na escola.

Nessa vertente, de acordo com Monteiro (2012) e Niza (1998), o trabalho em grupo é importante no ensino, pois pode desenvolver a habilidade social dos alunos fazendo com que eles interajam e colaborem com os colegas para a resolução de problemas, servindo também como uma aprendizagem colaborativa onde os mesmos possam compartilhar seus conhecimentos, experiências e perspectivas. O trabalho em grupo ainda pode proporcionar mais motivação e engajamento, já que os mesmos são ativos no processo de aprendizagem.

Atrelado ao trabalho em grupo, Salesse (2012) afirma que o experimento no ensino de química permite que os alunos manipulem objetos, ideias e negociem significados entre si e com o professor. É fundamental que as aulas práticas sejam conduzidas de forma agradável para que não se tornem uma competição entre grupos e sim uma troca de ideias e conceitos a serem discutidos e debatidos.

Salesse (2012) ressalta que essa metodologia experimental não deve ser do tipo “receita de bolo”, com roteiros para seguir e resultados esperados pelos professores. Pois dessa forma não é aguçado o senso crítico do aluno. Vilela (2007,

apud Salesse 2012), afirma que o potencial do experimento está em consonância com as diversas possibilidades de exploração de conceitos às quais a sua interação pode conduzir.

Atividade Avaliativa: Questionário sobre o experimento e debate.

4.2.2 Etapa II: Atividade com uso de TICs

Número de aulas / minutos: 02 aulas / 100 minutos.

Temas: Reações químicas e estequiometria com o uso de simulações computacionais.

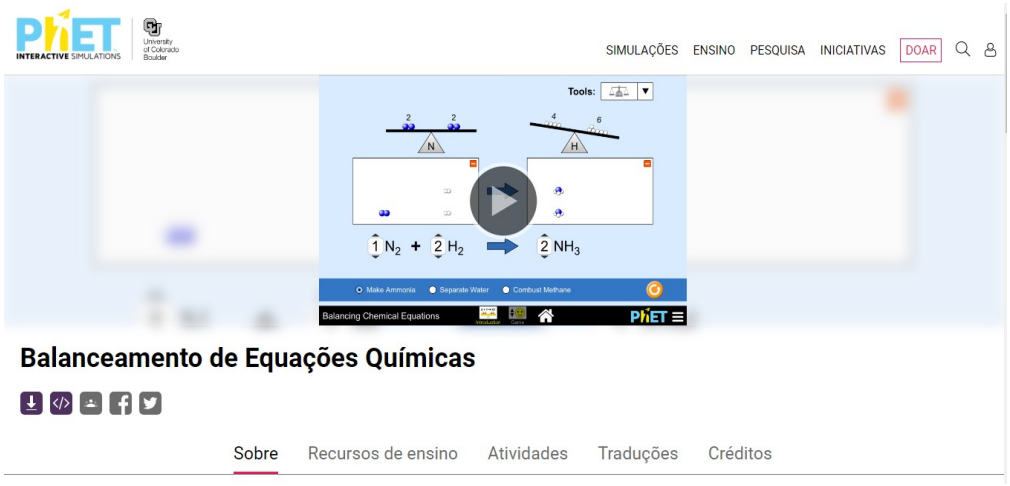
A escolha desse tema teve a proposta da realização de simulações com os alunos em que eles puderam observar por modelo o balanceamento de uma equação química e verificaram reagentes que reagiram totalmente ou não em uma reação.

Conteúdos químicos: Estequiometria e Reações químicas por meio de simulações computacionais para uma compreensão de como as simulações podem modelar reações químicas. Também se teve a discussão e comparação dos resultados obtidos nas simulações e nos experimentos.

Atividade Proposta: No segundo encontro, os alunos foram levados ao laboratório de informática para utilizar o simulador *Phet Colorado* (https://phet.colorado.edu/pt_BR/), realizaram as simulações de balanceamento químico e a simulação sobre reagente limitante e em excesso, bem como foi o momento para entender como representar substâncias em relação as massas, volumes, quantidades de moléculas e as devidas proporções com os cálculos matemáticos.

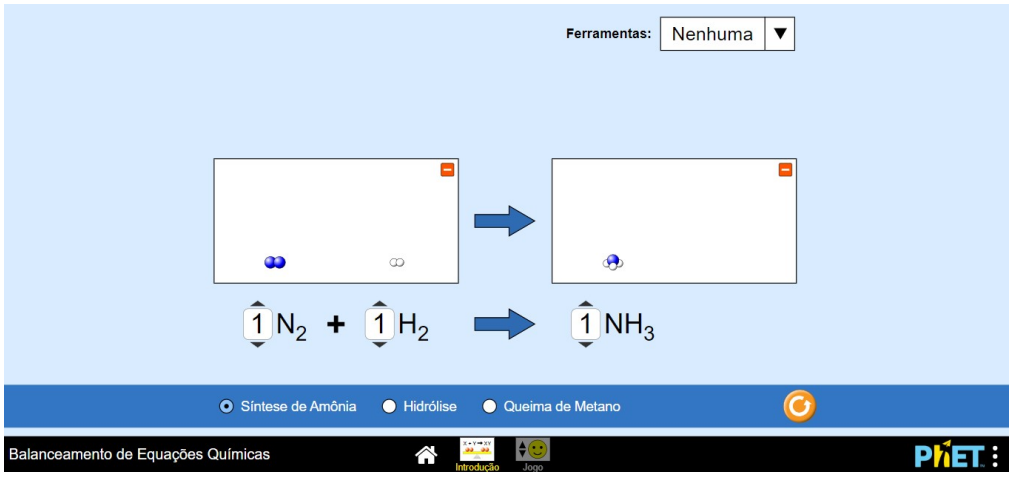
A simulação de Balanceamento químico foi realizada em 3 níveis de dificuldade, onde o nível 1 representa reações teoricamente mais fáceis, enquanto no nível 2 têm-se reações intermediárias e no nível 3 reações consideradas difíceis. O aluno ainda teve a possibilidade de iniciar a introdução, que é composta por três reações para que o aluno consiga entender como funciona a simulação.

Imagem 02: Página inicial para o balanceamento de Equações químicas



Fonte: PHeT Colorado, disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/balancing-chemical-equations

Imagem 03: Simulação da Síntese da Amônia na introdução

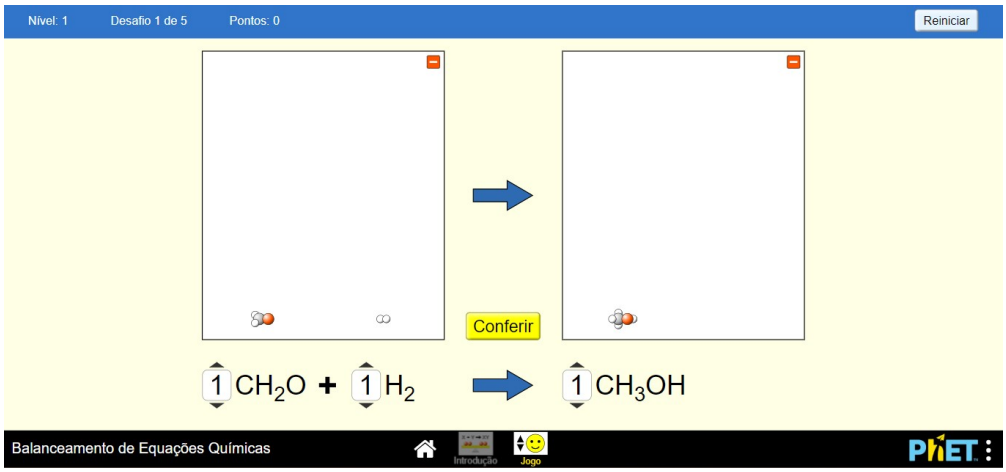


Fonte: PhEt Colorado, disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/balancing-chemical-equations/latest/balancing-chemical-equations_all.html?locale=pt_BR

Imagem 04: Página inicial para escolha do nível do Balanceamento de Equações

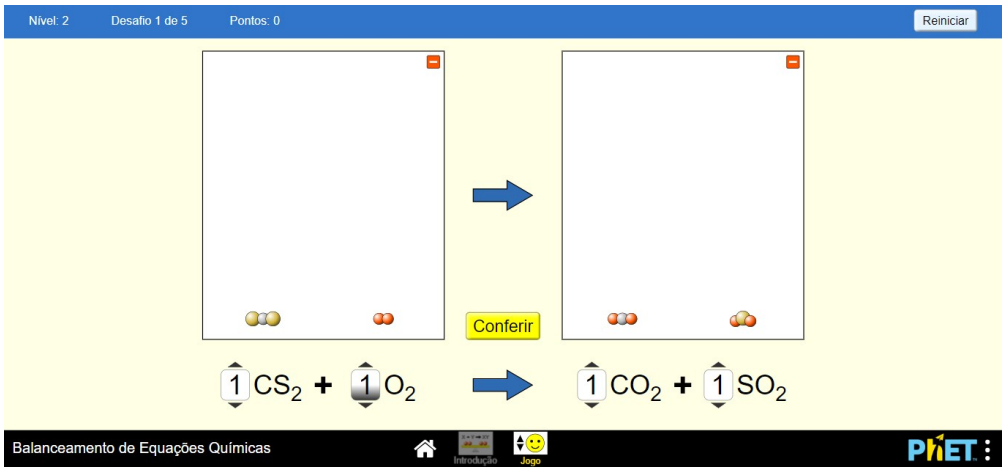
Fonte: PhET Colorado, disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/balancing-chemical-equations/latest/balancing-chemical-equations_all.html?locale=pt_BR

Imagem 05: Reação para o nível 1



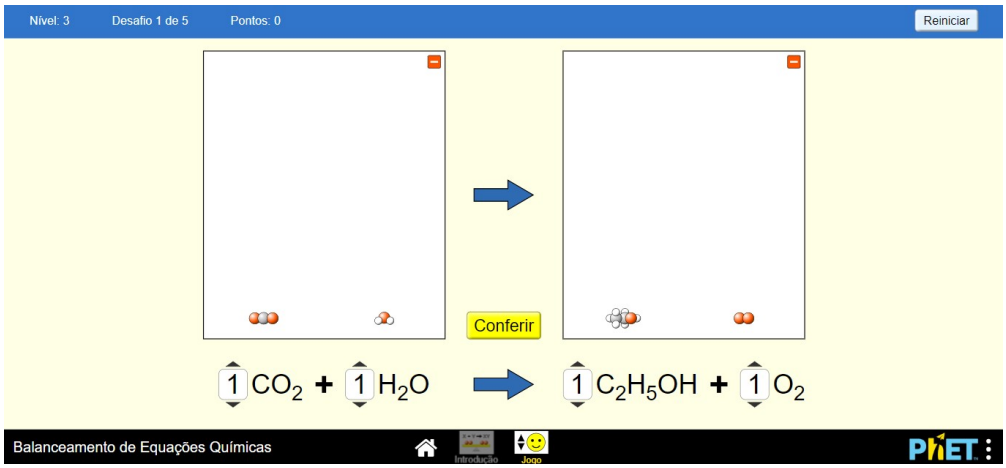
Fonte: PhET Colorado, disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/balancing-chemical-equations/latest/balancing-chemical-equations_all.html?locale=pt_BR

Imagem 06: Reação para o nível 2



Fonte: PhET Colorado, disponível em :https://phet.colorado.edu/sims/html/balancing-chemical-equations/latest/balancing-chemical-equations_all.html?locale=pt_BR

Imagem 07: Reação para o nível 3



Fonte:PhET Colorado, disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/balancing-chemical-equations/latest/balancing-chemical-equations_all.html?locale=pt_BR

A simulação Reagentes, Produtos e Excesso, começou com uma analogia utilizando pães e queijos para a produção de sanduiches, mostrando a relação entre as quantidades necessárias dos “reagentes” para a formação dos “produtos”.

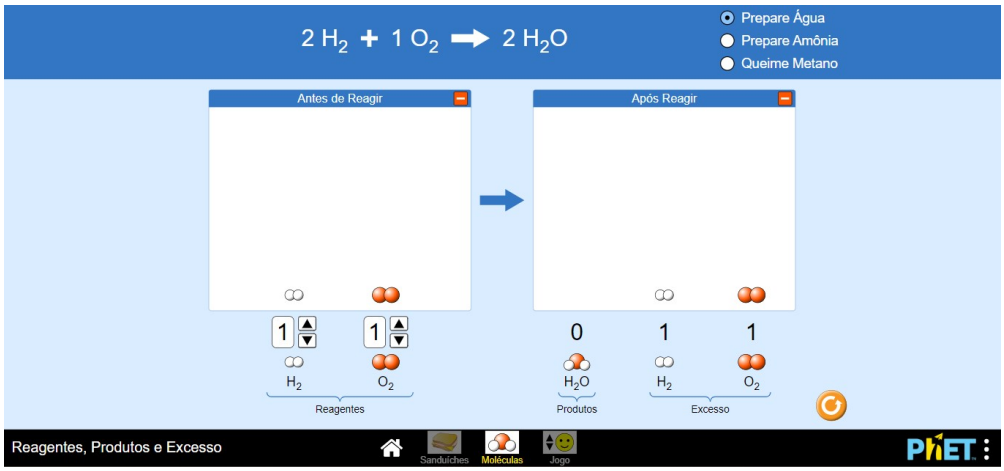
Imagem 08: Analogia para formação de sanduiches

Fonte: PhET Colorado, disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/reactants-products-and-leftovers/latest/reactants-products-and-leftovers_all.html?locale=pt_BR

Posteriormente teve a simulação com a representação de moléculas e as reações de formação da água, formação da amônia e combustão do metano. Nessa

etapa, a reação balanceada já é representada acima, para que o aluno consiga entender a proporção entre os participantes da reação.

Imagem 09: Reação de formação da água



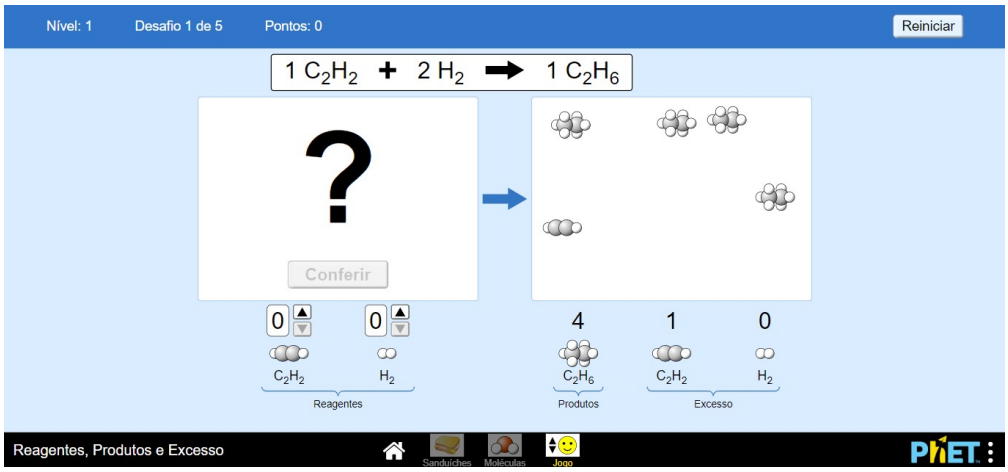
Fonte: PhET Colorado, disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/reactants-products-and-leftovers/latest/reactants-products-and-leftovers_all.html?locale=pt_BR

Posteriormente teve as representações das reações em níveis de dificuldade, como no Balanceamento de Equações, foram representados 3 níveis, que vão dos mais simples ao mais complexos.

Imagem 10: Página inicial para escolha do nível de Reagentes, Produtos e Excesso

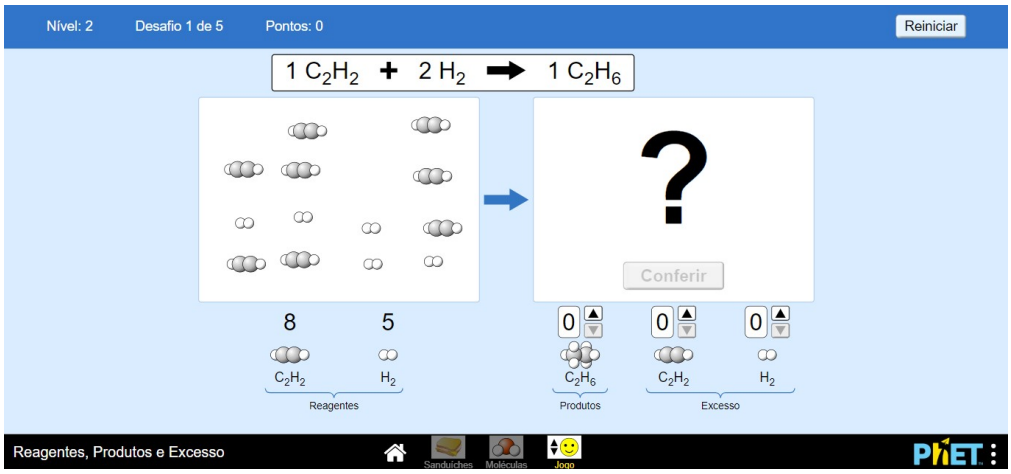
Fonte: PhET Colorado, disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/reactants-products-and-leftovers/latest/reactants-products-and-leftovers_all.html?locale=pt_BR

Imagem 11: Nível 1 para Reagentes, Produtos e Excesso



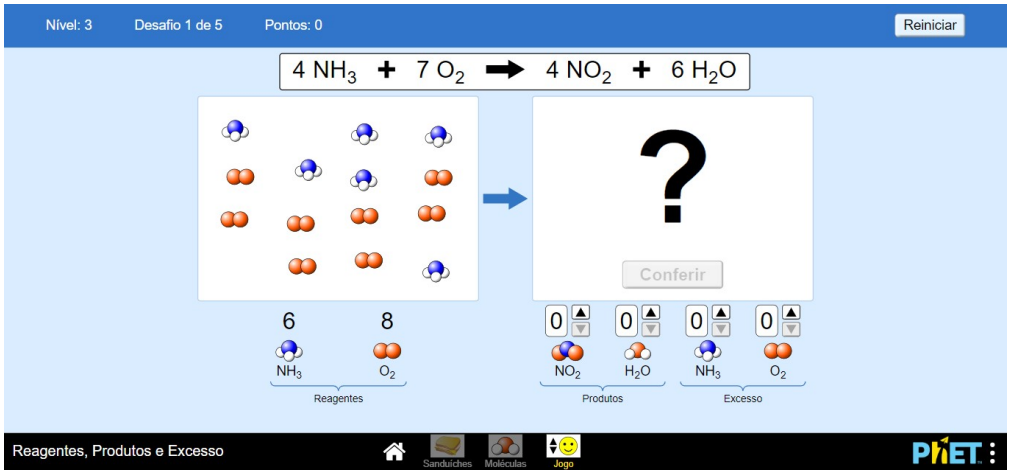
Fonte: PhET Colorado, disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/reactants-products-and-leftovers/latest/reactants-products-and-leftovers_all.html?locale=pt_BR

Imagem 12: Nível 2 para Reagentes, Produtos e Excesso



Fonte: PhET Colorado, disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/reactants-products-and-leftovers/latest/reactants-products-and-leftovers_all.html?locale=pt_BR

Imagem 13: Nível 3 para Reagentes, Produtos e Excesso



Fonte: PhET Colorado, disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/reactants-products-and-leftovers/latest/reactants-products-and-leftovers_all.html?locale=pt_BR

O intuito nesse momento foi de quê os alunos já conseguissem fazer a relação do que estava sendo simulado com o que foi experimentado na aula anterior. Caso isso não ocorresse, os alunos seriam instigados a fazerem a associação da simulação com o experimento realizado para confirmarem de fato em cada grupo quem se tratava do reagente limitante e do reagente em excesso. A priori os alunos discutiram entre si nos grupos, que foram os mesmos grupos da atividade anterior, e posteriormente também apresentaram as suas conclusões para os outros estudantes no momento seguinte de debate.

Atividade Avaliativa: Questionário sobre as simulações e debates.

4.2.3 Etapa III: Resolução de problemas

Número de aulas / minutos: 02 aulas / 100 minutos.
Temas: Reações químicas e estequiometria com resolução de problemas.

A escolha desse tema teve a proposta de resolução de problemas explorando cálculos estequiométricos em diferentes contextos desafiando os alunos para abordagens criativas e a aplicação de múltiplas habilidades conceituais.

Conteúdos químicos: Estequiometria e Reações químicas por meio de resolução de problemas com cálculos que possam relacionar a massa, número de mols, volume ou número de partículas.

Atividade proposta:

O último momento com os alunos foi para realização de questões do ENEM e de vestibulares diversos que envolvam os conteúdos de balanceamento e estequiometria com reagente limitante e em excesso. Esse momento de resolução de questões foi importante porque serviu como consolidação do conhecimento, permitindo que os alunos aplicassem os conceitos aprendidos, desenvolvendo também habilidades de interpretação e raciocínio de forma crítica. Goi e Santos

(2003) afirmam que problemas são desafios que possuem características que instigam a nossa capacidade de raciocínio e também que põe a prova a capacidade do aluno em criar, decodificar informações, relacionar e planejar procedimentos adequados para a sua resolução.

Campos e Nigro (1999) reiteram que a princípio a resolução de problemas foi utilizada para treinar habilidades básicas que seriam importantes para os alunos, enfatizando que nessa época os termos “problema” e “exercício” eram considerados sinônimos, mas com o passar do tempo houve a distinção entre esses termos e ficou evidenciado que a resolução de verdadeiros problemas permitia o desenvolvimento de habilidades e desenvolvimento cognitivo, como também a aprendizagem de conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais.

Ao usar a resolução de problemas, é fornecido aos alunos a possibilidade de aplicar os conceitos estequiométricos em uma variedade de situações no mundo real, como por exemplo no momento de cozinhar, no preparo de algum produto de limpeza, na dosagem de medicamentos, entre outros. Isso os ajudará a desenvolver habilidades de pensamento crítico e aplicação prática do conhecimento químico.

Atividade Avaliativa: Resolução de problemas sobre balanceamento de equações e cálculos estequiométricos.

Tabela 01 : Resumo da sequência didática

Etapas	**Tema principal / Tempo**	**Conteúdos**	**Ação dos participantes**	**Atividades**
I	Atividade experimental em grupo sobre reações químicas e estequiometria. 02 aulas / 100 minutos.	Introdução a reações química e suas importâncias.	Os alunos serão divididos em grupos e receberão quantidades de bicarbonato de sódio e ácido acético sendo instigados a colocarem para	Realização de experimento e debate sobre os possíveis diferentes resultados obtidos.

			reagir e encher o bexiga sem soprar.	
II	Reações químicas e estequiometria com o uso de simulações computacionais. 02 aulas / 100 minutos.	Estequiometria e Reações químicas por meio de simulações computacionais para uma compreensão de como as simulações podem modelar reações químicas.	Os alunos serão divididos nos mesmos grupos da etapa I e utilizarão os computadores para a simulação de reações na plataforma *PhET colorado.*	Realização de simulação no *PhET Colorado* e debate sobre a relação com dessa atividade com a Etapa I.
III	Reações químicas e estequiometria com resolução de problemas. 02 aulas / 100 minutos.	Estequio metria e Reações químicas por meio de resolução de problemas com cálculos que possam relacionar a massa, número de mols, volume ou número de partículas.	Os alunos irão responder, em grupo ou individualmente , problemas do ENEM que envolvam os temas abordados anteriormente.	Resolução de problemas sobre balanceamento e cálculos estequiométricos .

Fonte: Autor (2024)

4.3 Coleta de dados

Os dados da atividade foram coletados por meio de gravação de áudio dos debates e apresentações, com a descrição de falas dos alunos nos momentos de debate e fotos para registrar os diferentes momentos da SD, bem como também foi coletada as listas de exercícios com o intuito de verificar como ocorreu a resolução e se houve o ensino-aprendizagem.

Segundo Batista e Cunha (2007), os métodos utilizados na coleta de dados em estudo de usuários estão relacionados com o tipo de abordagem. Essa coleta pode acontecer por meio de questionários, entrevista, observação e análise de conteúdo. De acordo com os autores, para a pesquisa ser de caráter qualitativo, os dados do questionário devem ser obtidos a partir de perguntas abertas e esse é um dos métodos mais utilizados nas pesquisas. Ainda sobre Batista e Cunha, a observação é um método pelo qual o pesquisador capta a realidade que se pretende analisar, seja ela espontânea não estruturada, observação participante ou observação sistemática. Por fim ainda temos a análise de conteúdo, que na perspectiva de Batista e Cunha, é usada para determinar a ênfase relativa ou a frequência de vários fenômenos de comunicação. Na coleta de dados, a sua fase inicial é quantitativa, mas posteriormente ela se torna menos rígida e seus dados podem ser interpretados de maneira qualitativa.

A coleta de dados numa pesquisa qualitativa foi importante para verificar se houve uma compreensão profunda dos fenômenos obtendo as informações de todo o processo e os registros dele.

Por fim, os dados foram analisados a fim de se obter respostas para a metodologia utilizada a partir da SD proposta para uma verificação de ensino-aprendizagem junto da participação dos alunos. Obtiveram vários dados detalhados para a análise e para uma reflexão acerca dela para melhoria e aprimoramento da SD.

Como citado anteriormente, nesta pesquisa os instrumentos adotados para a coleta de dados foram a observação, questionários, gravações de debates entre os alunos e fotos. A pesquisa proposta atendeu as características de pesquisa qualitativa, pois tem a escola e os alunos no seu ambiente natural como fonte de dados, sendo o professor o principal instrumento dessa coleta de dados em todos os momentos de interação.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise dos dados e sua discussão estão apresentadas em subseções relacionadas as etapas de aplicação e os debates realizados pelos participantes.

5.1 Concepção da Sequência Didática

A elaboração da SD apresentou foco na experimentação química, simulação computacional e resolução de problemas no estudo sobre balanceamento químico e estequiometria para o Ensino Médio, sendo estruturada em três momentos. No primeiro momento foi realizado com os participantes uma atividade experimental para aguçar a curiosidade deles em como a mesma reação pode ter resultados diferentes.

O segundo momento teve a característica de possibilitar ao aluno a relação do experimento com os modelos representacionais, visto que a simulação pode oferecer uma representação visual e interativa de conceitos abstratos existentes na reação, podendo ajudar a consolidar o aprendizado da atividade experimental, ainda propiciando uma compreensão mais profunda dos conceitos estudados.

O terceiro momento consistiu em aplicação de exercícios, onde esses oferecem aos alunos participantes a oportunidade de consolidarem e aplicarem os conceitos assimilados durante a experimentação e simulação realizadas previamente.

Para melhor visualização das etapas planejadas, foi elaborado um organograma, na figura 02, que permite observar a organização desses momentos didáticos, haja vista que essas etapas metodológicas foram ancoradas nas ideias de Méheut (2005).

Figura 02 : Resumo da Proposta da Sequência Didática

Fonte: Autor (2024)

5.2 Validação da Sequência Didática

Para a validação da SD, foram analisadas todas as etapas presentes na mesma, bem como o desenvolvimento dos alunos participantes durante todo o processo, participação nos debates e considerando os áudios dos debates realizados e as respostas deles. É importante frisar que os alunos participantes foram informados das regras estabelecidas pelo Comitê de Etica da Pesquisa (CEP), onde eles poderiam desistir das atividades a qualquer momento, sem nenhuma justificativa e sem nenhum ônus.

Segundo Guimarães (2013, apud Artigue 1987), no que se refere à questão metodológica para a validação de uma SD, pode-se utilizar da Engenharia Didática. Esse tipo de validação, ainda de acordo com Guimarães (2013, apud Artigue 1987), se baseia na confrontação entre a validação a priori baseada nas análises teóricas e a validação a posteriori que se refere a análise dos resultados obtidos pela aplicação em sala de aula. Logo, a validação busca confirmar que a SD utilizada possui o desempenho que sua aplicação requer.

5.2.1. Aplicação da 1ª etapa

A 1ª etapa da SD contou com a presença de 32 estudantes, divididos em 8 grupos como planejado, visto que o laboratório da escola possui 8 bancadas e cada grupo ficou na sua própria bancada com seus respectivos quantitativos de reagentes. Os grupos foram divididos pelos próprios alunos por afinidade dos mesmos e cada grupo foi para uma bancada de forma aleatória, onde na mesma já estavam separados os reagentes e um questionário sobre a atividade a ser realizada.

A princípio os alunos foram instigados a tentar descobrir quais eram os reagentes que estavam presentes nas bancadas debatendo entre os integrantes do grupo e anotando as informações. Nesse momento uma dica foi dada aos participantes, acerca da fita de pH, onde eles poderiam colocar a fita no líquido e verificar se ele era ácido ou básico, facilitando assim o reconhecimento. Posteriormente, eles foram questionados se seriam capazes de encher a bexiga sem soprar. O **aluno A** relatou que já tinha visto esse experimento e que era para colocar o pozinho dentro da bexiga, amarrar na garrafinha e derramar. Depois da fala do **aluno A**, todos os grupos realizaram o procedimento dito pelo próprio para verificar se de fato a afirmação estaria correta.

Imagem 14: Resultado do experimento

Fonte: autor (2024)

Nesse momento os alunos perceberam que de fato, a reação que aconteceu, foi capaz de encher o balão, mesmo que ele não tivesse sido cheio por completo. Posteriormente, foi o momento de debate, onde cada grupo apresentou o seu experimento mostrando aos demais grupos o resultado do seu experimento.

Imagem 15: Resultado do experimento de todos os grupos

Fonte: autor (2024)

Nesse momento, os alunos debateram sobre o fato das bexigas não estarem todas iguais em cada grupo, como também elaboraram hipóteses do porquê existir diferença entre as bexigas. Em seguida, tivemos o momento para questionamentos e as perguntas realizadas ao professor, foram:

- os reagentes eram iguais?
- as bexigas eram iguais?
- as quantidades dos reagente eram iguais?

Foi dialogado entre o professor e os estudantes que as bexigas eram sim iguais, todas da mesma marca e do mesmo pacote, mas que nem sempre existia um padrão para que as bexigas enchessem da mesma forma, sendo um questionamento interessante para a discussão. Também foi informado que os reagentes de todas as bancadas, de fato, eram iguais, mas que também, como percebido pelos próprios alunos, não estavam em quantidades iguais. O **aluno B**

afirmou que percebeu que nas diferentes garrafinhas, existia quantidade de líquido diferente.

Também foi solicitado que os alunos verificassem novamente o pH da solução formada e todos os grupos chegaram a mesma conclusão que o pH da solução aumentou e que a solução não estava mais tão ácida como antes. Para alguns grupos a variação do pH foi pequena, mas para outros houve um aumento grande, passando de 7.

Nesse momento foi perguntando aos participantes se eles saberiam responder qual era o gás que tinha sido responsável por encher o balão. A turma ficou bem dividida nesse momento, onde metade da turma acreditava que o gás formado era o gás carbônico (dióxido de carbono - CO_2) e outra metade acreditava ser o gás oxigênio (O_2). Para comprovar que gás seria aquele, foi acesa uma vela e um balão de forma aleatória foi escolhido para ter seu gás liberado frente a chama da vela. Foi percebido por todos que aquele gás de dentro do balão foi capaz de apagar a chama.

Após esse momento foi apresentado aos alunos os reagentes da equação da reação realizada por eles, identificando a fórmula do bicarbonato de sódio ($NaHCO_3$) e do ácido acético (CH_3COOH) presente no vinagre. Foi enfatizado aos alunos que o vinagre não era constituído apenas de ácido acético, mas que esse ácido era uma das substâncias presentes no vinagre na proporção de 5% em massa. Os produtos da equação foram debatidos entre todos, com o auxílio do professor, para determinação da equação completa (1).

$$(1) \quad NaHCO_{3(s)} + CH_3COOH_{(aq)} \rightarrow CH_3COONa_{(aq)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$$

5.2.1.1. Análise dos resultados da 1ª etapa

Dos 8 grupos presentes na atividade, 7 devolveram a atividade respondida e um grupo se recusou a devolver, mesmo tendo participado da experimentação e do debate. A tabela 2 seguir conta com as respostas dos alunos para as perguntas relacionadas ao experimento.

Tabela 2: Pergunta e respostas para a atividade experimental sobre os participantes da reação

Grupo	Quais substâncias são participantes da reação?
Grupo 1	Vinagre, bicarbonato de sódio, bexiga, “bisseta”, potinho e colher.
Grupo 2	Vinagre e bicarbonato de sódio.
Grupo 3	Bicarbonato de sódio e vinagre.
Grupo 4	Vinagre e bicarbonato.
Grupo 5	Vinagre e bicarbonato.
Grupo 6	Vinagre e bicarbonato.
Grupo 7	Vinagre, bicarbonato, “bixiga” e instrumentos (colher e garrafa).

Fonte: Autor (2024)

Pelas respostas obtidas na pergunta inicial, percebesse que todos os grupos conseguiram identificar que as substâncias presentes na bancada eram o vinagre e o bicarbonato. Entretanto, deve-se levar em consideração que o **grupo 1** e **grupo 7**, confundiram as substâncias envolvidas na reação com os materiais usados na realização do experimento. Ainda sobre o grupo 1, percebesse que os integrantes confundiram o nome da pisseta com “bisseta”.

Na tabela 3, representada a seguir, contém as respostas dos grupos para a segunda pergunta da atividade.

Tabela 3 : Pergunta e resposta sobre o que acontece quando se misturam esses materiais.

Grupo	O que acontece quando se misturam esses materiais?
Grupo 1	O balão começa a crescer logo que o vinagre se mistura com o bicarbonato. Assim o pH aumentou, ficando menos ácido.
Grupo 2	Gera gás carbônico.
Grupo 3	Acontece uma reação que libera um gás para encher o balão.
Grupo 4	Cria uma reação, pois é possível observar o líquido borbulhar e fazer espuma, consequentemente

	enchendo o balão.
Grupo 5	Uma reação química, porque encheu o balão e aumentou o pH do vinagre.
Grupo 6	Acontece uma reação entre o vinagre e o bicarbonato, daí enche o balão.
Grupo 7	Com a mistura do bicarbonato, o pH aumentou, no caso ficou menos ácido.

Fonte: autor (2024)

Pelas respostas obtidas, percebesse que a maioria dos grupos entende o que é uma reação química, embora alguns erros ainda tenham sido cometidos. O **Grupo 1** relatou que o “vinagre se mistura com o bicarbonato de sódio’’, apresentando assim um equívoco no entendimento e não conseguindo diferenciar uma mistura e uma reação.

Segundo Carnevale (2018), misturas são formadas por duas ou mais substâncias diferentes. As misturas presentes na natureza são classificadas em: homogêneas ou heterogêneas. As misturas homogêneas apresentam uma única fase não sendo possível diferenciar as substâncias a olho nu. Já as misturas heterogêneas apresentam duas ou mais fases sendo possível perceber a diferença entre as substâncias a olho nu. A utilização da palavra fora do contexto, pode ser explicado por Meneses e Nuñez (2018), quando eles afirmam que a dificuldade dos alunos em entender esse assunto está ligada à maneira fragmentada e descontextualizada como os conteúdos de química são ensinados, faltando uma conexão tanto entre os próprios conteúdos conceituais quanto entre esses conteúdos e outros conhecimentos que não se relacionam com as experiências cotidianas dos estudantes.

Uma reação química pode ser definida, segundo Laugier e Dumon (2004), como um processo que modifica as propriedades das substâncias envolvidas, processo este onde a massa é conservada, assim como os elementos que constituem os compostos.

Os **Grupo 2** e **3** foram mais sucintos nas respostas, mas ambos responderam que a reação acontecia e produzia um gás, que seria esse o responsável por fazer a bexiga encher.

O **Grupo 4** respondeu que a reação é criada, apresentado um erro sobre definição de reação. Entretanto, conseguiu evidenciar que a reação acontece e que de fato pode ser percebida pela formação de bolhas, essas responsáveis pelo enchimento do balão, pela liberação do gás nelas contido. O grupo também relatou que essas bolhas eram equivalentes a espumas, apresentando erro de conceito.

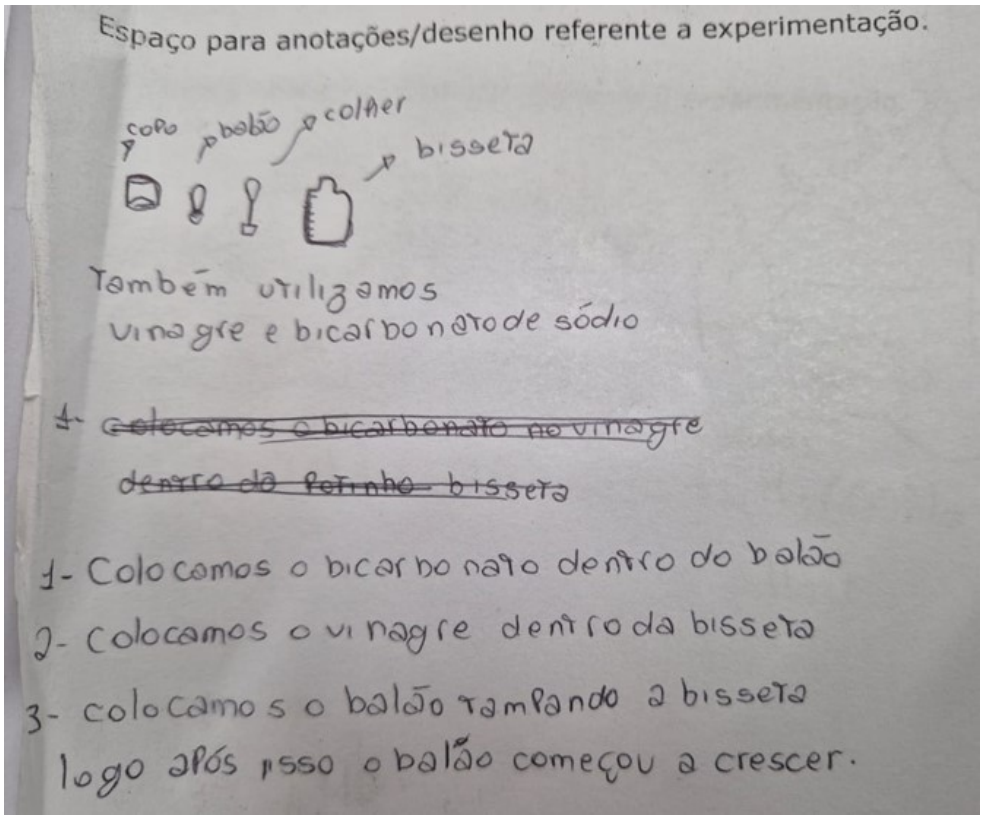
Moreira (2006) afirma que o ser humano erra o tempo todo, mas aprende corrigindo seus erros. O conhecimento humano é limitado e construído através da superação do erro. Em consonância, Metcalfe (2017) relata que o erro é uma parte natural do processo de aprendizagem, pois é por meio dos erros que o aprendiz é capaz de reconhecer e corrigir suas limitações, e assim avançar em seu conhecimento.

Os **Grupo 5** e **6** responderam de maneira parecida, evidenciado a reação química que ocorre com liberação desse gás, sendo esse o responsável pelo enchimento do balão. Entretanto, o **grupo 5**, de forma equivocada, disse que “aumentou o pH do vinagre”, não conseguindo assimilar que depois da reação não teríamos mais necessariamente o vinagre, visto que esse já teria reagido com o bicarbonato de sódio.

O **Grupo 7** cometeu o mesmo equívoco que o **grupo 1**, quando associou a reação a uma mistura, mas enfatizou que o pH foi alterado, aumentando o seu valor e deixando o sistema menos ácido.

Posteriormente tinha um espaço para anotações e desenhos referentes a experimentação. As imagens a seguir representam essas anotações e desenhos realizados.

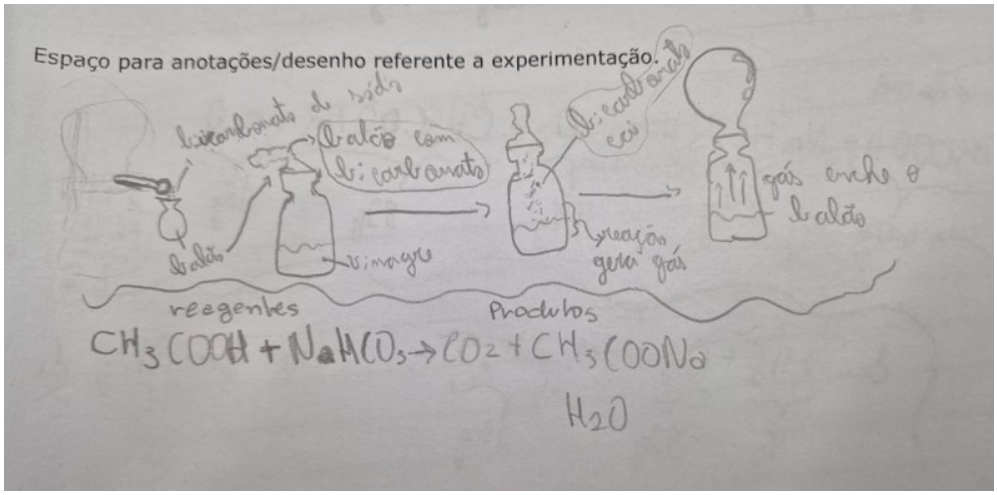
Imagem 16: Espaço para anotação/desenho do grupo 1.



Fonte: autor (2024)

O **Grupo 1** relatou apenas o processo experimental e o passo a passo realizado por eles. Percebesse pela imagem 16 que os alunos não conhecem o becker e o descreveram como copo. O mesmo acontece para a espátula, que eles representaram apenas por colher.

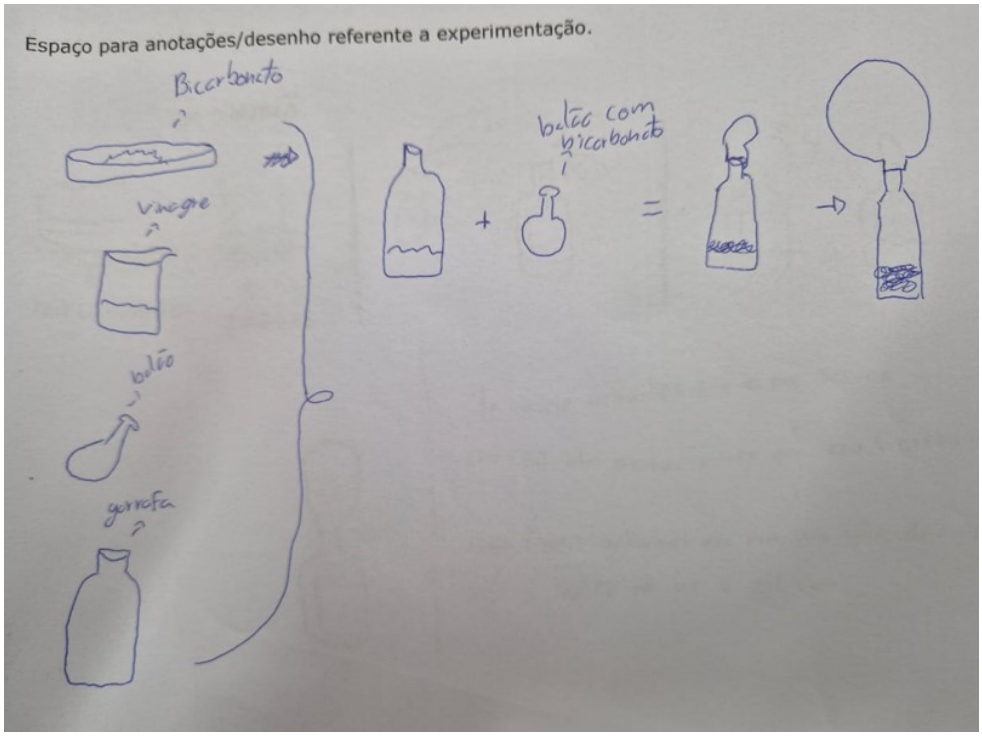
Imagem 17: Espaço para anotação/desenho do grupo 2.



Fonte: Autor (2024)

O **grupo 2** realizou o desenho do passo a passo do experimento e também representou a equação da reação realizada. Percebe-se pela imagem 17 que os alunos do grupo conseguiram assimilar bem a reação realizada, destacando os participantes de forma correta e esquematizando bem a reação.

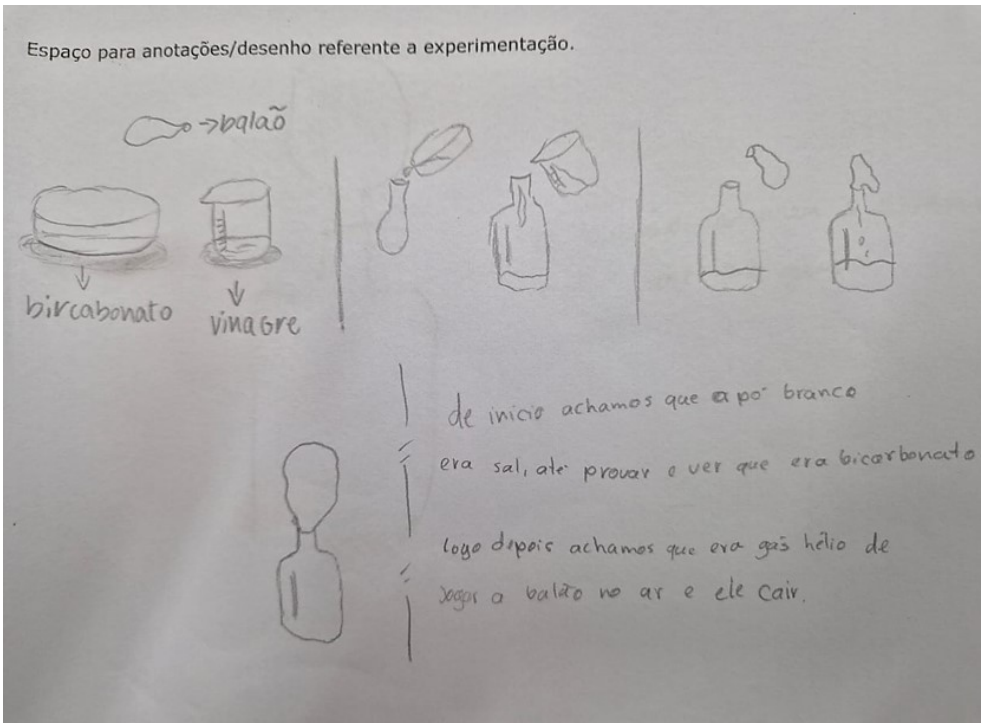
Imagem 18: Espaço para anotação/desenho do grupo 3.



Fonte: Autor (2024)

O **Grupo 3** foi bem sucinto no espaço para anotações e desenho, apenas desenhando o passo a passo do experimento, como visto na imagem 18.

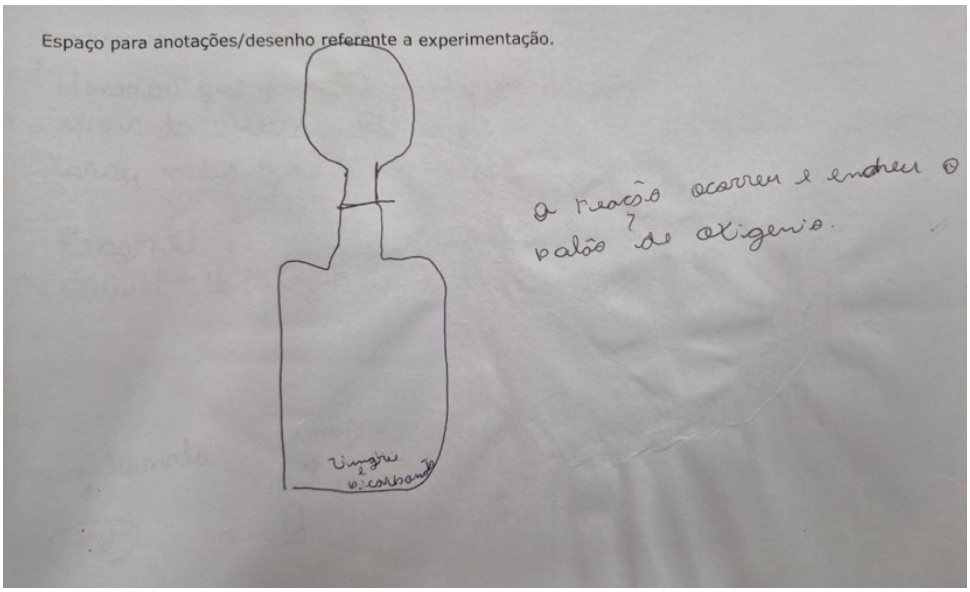
Imagem 19: Espaço para anotação/desenho do grupo 4.



Fonte: autor (2024)

O **Grupo 4** também realizou o desenho do passo a passo feito por eles, como visto na imagem 19) e enfatizou que a princípio acreditaram que o “pó branco” era sal, até provar e verificar que se tratava do bicarbonato de sódio. Isso demonstra que é necessário também o reforço sobre as boas práticas no laboratório, para evitar situações como essa. Outra observação importante realizada pelo grupo, foi que a princípio acharam que o gás da reação seria o hélio (He), mas no fim da atividade pegaram uma das bexigas cheias e a soltaram, pois eles sabiam que se o balão realmente fosse de gás hélio, ele iria “subir”, como o balão caiu, concluíram que não poderia ser o gás hélio.

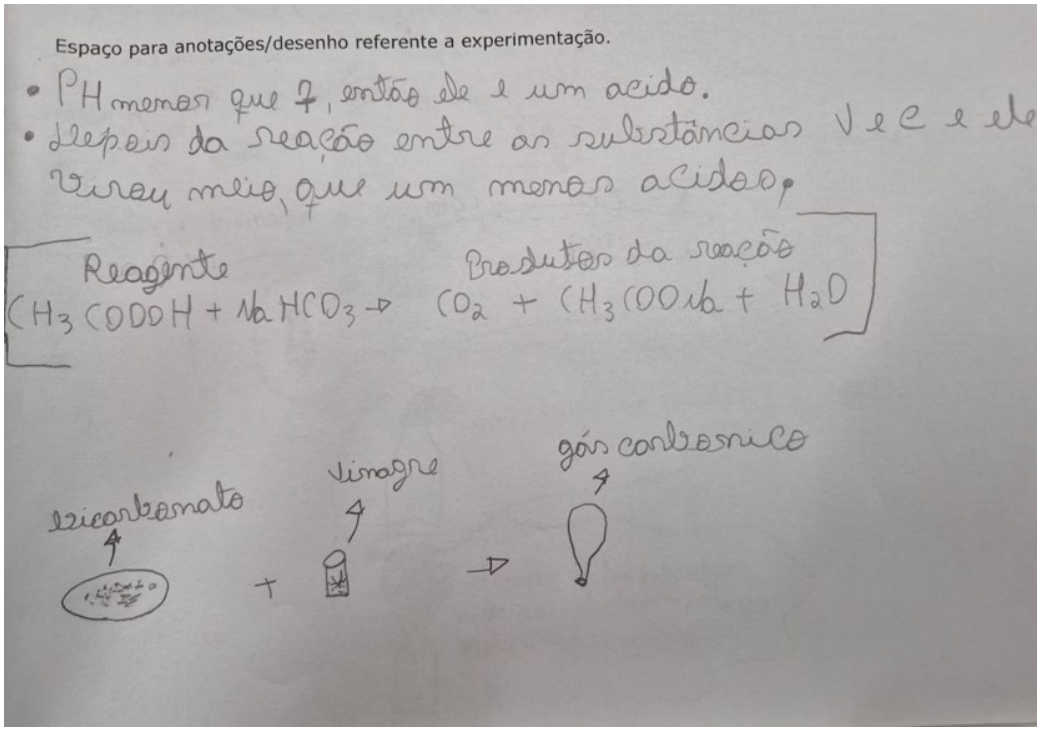
Imagem 20: Espaço para anotação/desenho do grupo 5.



Fonte: autor (2024)

O **Grupo 5** cometeu um erro no espaço para anotações e desenhos, como visto na imagem 20. Mesmo com a representação da reação e discussão entre todos os estudantes, o grupo considerou que o gás formado na reação era o oxigênio (O_2).

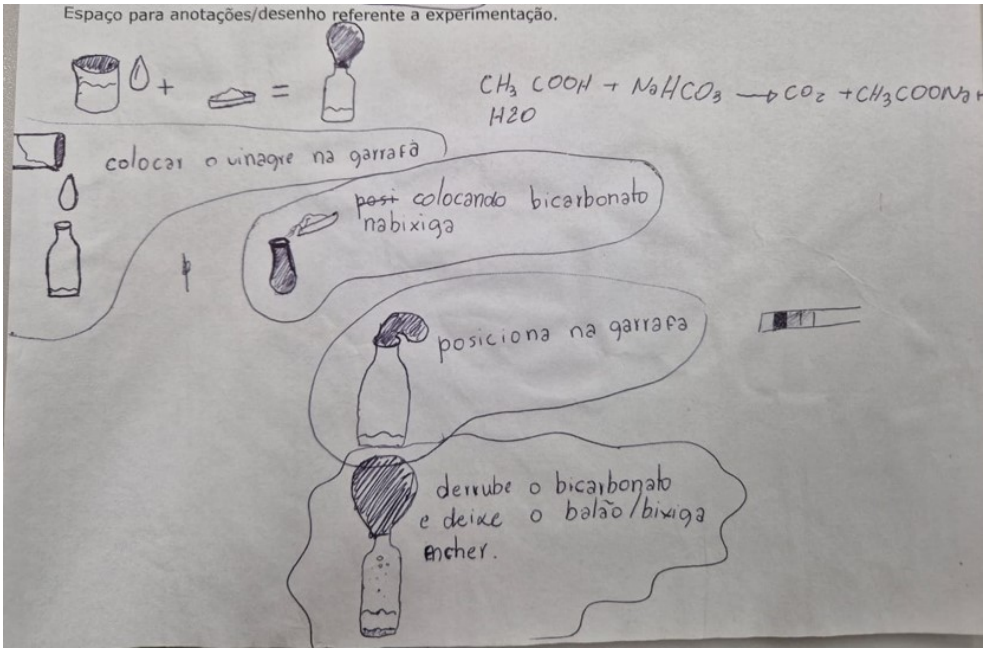
Imagem 21: Espaço para anotação/desenho do grupo 6.



Fonte: autor (2024)

O **Grupo 6** enfatizou o fato da variação de pH que aconteceu após o experimento, afirmando que a substância inicial era ácida por apresentar um pH menor que 7 e que após o experimento o pH aumentou e o líquido deixou de ser ácido. O grupo também fez o desenho (como visto na imagem 21) para representar a reação demonstrando a formação de gás carbônico para encher o balão.

Imagem 22: Espaço para anotação/desenho do grupo 7.



Fonte: autor (2024)

O **Grupo 7** também fez o desenho de todo passo a passo do experimento, como visto na imagem 22, mostrando os reagentes utilizados e a reação que aconteceu para a formação do produto.

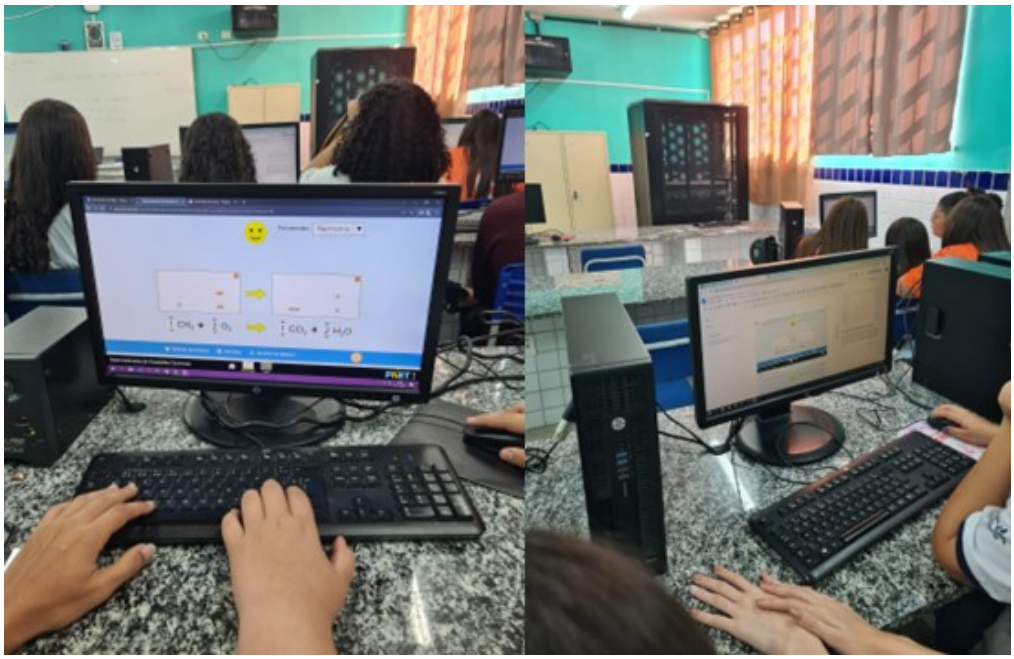
Entre todos os grupos participantes do experimento, apenas o grupo 5 apresentou um resultado insatisfatório, pois fez a associação incorreta entre gás e oxigênio, dando a entender de maneira equivocada que todo gás é o oxigênio. Os outros grupos, embora que de maneira distinta, conseguiram assimilar a prática e ter um resultado satisfatório.

5.2.2. Aplicação da 2ª etapa.

A 2ª etapa da SD contou com a presença de 30 estudantes (2 alunos participantes anteriormente não estavam presentes no dia), onde foi solicitado que se dividissem nos mesmos grupos da etapa 1. Entretanto, a aula agora aconteceu na sala de informática da escola, onde cada grupo tinha 2 computadores para realização da atividade.

Foi solicitado que todos os grupos ligassem o computador e abrissem o navegador de internet. Posteriormente, foi solicitado que entrassem no site PhET Colorado através do link https://phet.colorado.edu. Nesse momento foi apresentado aos alunos o site e como ele poderia auxiliar no ensino através de simulações interativas para ciências e matemática. Foi solicitado que os alunos clicassem na aba de química, abrindo assim todas as simulações existentes para essa área de estudo. Em seguida os alunos abriram a simulação intitulada de “Balanceamento de Equações Químicas”. Nesse momento foi explicado aos alunos que seria utilizado uma simulação que serve como representação das reações que acontecem no nosso cotidiano e explicando aos alunos como a atividade deveria ser realizada. Nas 3 reações que o site oferece para introdução, houve o auxílio do professor, mas para as outras reações que estavam presentes nos níveis 1, 2 e 3, os alunos fizeram apenas debatendo entre os integrantes dos grupos. Também foi solicitado que os alunos tirassem *print* de cada reação que balanceava para o posterior envio por e-mail. A imagem 23 apresenta esse momento de execução da atividade proposta.

Imagens 23: Utilização das simulações interativas pelos alunos



Fonte: autor (2024)

Após realizar a atividade de simulação, deu-se andamento a 2ª etapa da SD. Nesse momento, foi apresentado aos alunos o conceito de estequiometria, explicando sobre as relações quantitativas entre os reagentes e produtos em uma reação química. Foi explicado que a estequiometria se baseia nas leis de conservação das massas, estabelecendo que a quantidade de cada elemento deve ser a mesma antes e depois da reação. Sendo assim, a estequiometria permite calcular quantidades como a massa, o volume e as entidade químicas envolvidas em uma reação. Ainda se destacou as leis ponderais que foram a base para os cálculos estequiométricos. A Lei de conservação das massas (ou Lei de Lavoisier) que afirma que é uma reação química, a massa total dos reagentes é igual a massa total dos produtos. Essa lei pode ser expressa por uma frase comumente utilizada e atribuída a Lavoisier: na natureza, nada se cria, nada se perde, tudo se transforma. Também se tem que destacar a Lei das proporções definidas (Lei de Proust), onde o mesmo afirma que: um composto químico é sempre formado pelos mesmos elementos, combinados nas mesmas proporções em massa.

Segundo Sterner (2010), a lei da conservação da massa é uma das leis fundamentais da química, e a sua proposta por Lavoisier foi um marco revolucionário na história da ciência. Essa lei afirma que “a matéria não se cria, nem se destrói, apenas se transforma.

De acordo com Cachapuz e Paixão (2000), na base da compreensão das reações químicas e da química no geral, está a lei de conservação das massas. Os autores ainda afirmam que a completa compreensão dessa lei, é crucial para o domínio do conhecimento químico e, como tal, de forma recorrente, estará presente no ensino dessa ciência.

Para Lima (2015), a Lei das Proporções Definidas, ou lei de Proust, é um princípio basilar da estequiometria, juntamente com a Lei das Proporções Múltiplas e a Lei da Conservação da Massa ou Lei de Lavoisier. Ela refere que casa composto químico contém sempre a mesma proporção em massa dos elementos que o constituem.

Nessa vertente, pudemos evidenciar que todas as reações realizadas na 1ª etapa, eram de fato a mesma reação, já que os participantes de todas as reações eram os mesmos. Entretanto, surgiram dúvidas e mais questionamentos acerca dos balões apresentarem diferentes quantidades de gás carbônico. Nesse momento, o **aluno C** afirmou e questionou: “As quantidades dos reagentes eram diferentes. Será que é por isso que os balões ficaram diferentes?”

Nesse momento foi apresentado aos alunos o conceito de reagente limitante e reagente em excesso, explicando que reagente limitante é aquele reagente que está sendo completamente consumido em uma reação química, determinando a quantidade máxima de produto que pode ser formado, enquanto o reagente em excesso é aquele que está presente é uma proporção maior do que o necessário para reagir com o reagente limitante, sobrando ao final de uma reação.

Agora, os alunos foram questionados se conseguiam fazer alguma relação entre a atividade presente e a atividade anterior, realizada no laboratório. Os estudantes afirmaram que todos realizaram uma reação química, só que com quantidades diferentes, isso explicava o fato de os balões terem quantidades de gás carbônico diferente.

5.2.2.1. Análise dos resultados da 2ª etapa

Todos os grupos participantes enviaram o e-mail com os *prints screens* (captura de tela) das equações, inclusive o grupo que não quis entregar a atividade sobre o experimento.

A tabela 04, apresentada a seguir, representa os acertos referentes a cada nível da atividade realizada, enfatizando que são 5 equações por nível e que para uma equação balanceada com os menores coeficientes inteiros possíveis, obtém-se 2 pontos. Para uma equação balanceada, mas que não esteja simplificada, tem-se apenas 1 ponto. Se o balanceamento estiver incorreto, o participante tem a opção de refazê-la, entretanto, a mesma só vale 1 pontos.

Tabela 04: Nível 1

Grupo	Acertos	Pontuação
Grupo 1	5	10
Grupo 2	4	8
Grupo 3	5	10
Grupo 4	5	10
Grupo 5	4	7
Grupo 6	5	10
Grupo 7	5	10
Grupo 8	5	9

Fonte: autor (2024)

Pela tabela 04, observasse que os grupos **1, 3, 4, 6, 7 e 8** balancearam as 5 equações de forma correta. Entretanto, os **grupos 2** e **5** realizaram o balanceamento de uma equação de forma incorreta, enquanto o **grupo 8,** não realizou o balanceamento da maneira mais simplificada em uma das 5 equações.

Tabela 05: Nível 2

Grupo	Acertos	Pontuação
Grupo 1	4	9
Grupo 2	5	10
Grupo 3	5	9
Grupo 4	5	10
Grupo 5	4	7
Grupo 6	5	10
Grupo 7	5	10

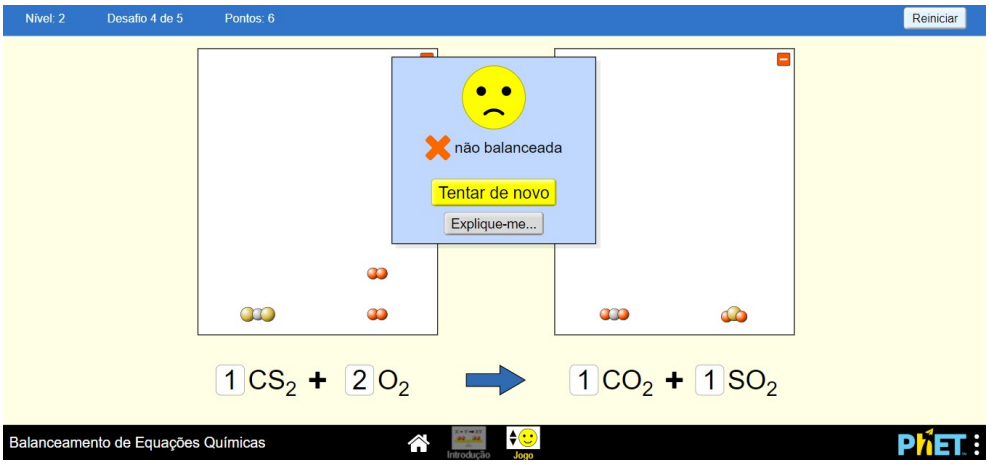
Grupo 8	5	10

Fonte: autor (2024)

Para o nível 2, os **grupos 2, 4, 6, 7** e **8**, acertaram todos os balanceamentos, como visto na tabela 05, enquanto o **grupo 3**, acertou todos os balanceamentos, ficando com uma reação sem simplificar. Os **grupos 1** errou o balanceamento de uma das reações e o **grupo 5** errou o balanceamento de uma reação e outra reação não simplificou.

A imagem 24 representa o balanceamento realizado de maneira incorreta, já a tabela 06 representa o quantitativo dos acertos e pontuações dos grupos para o nível 3.

Imagem 24: Equação balanceada de forma incorreta pelo grupo 5



Fonte: PhET Colorado, disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/balancing-chemical-equations/latest/balancing-chemical-equations_all.html?locale=pt_BR

Tabela 06: Nível 3

Grupo	Acertos	Pontuação
Grupo 1	5	10
Grupo 2	5	10
Grupo 3	5	9
Grupo 4	5	10
Grupo 5	4	7
Grupo 6	5	10
Grupo 7	5	10

Grupo 8	4	8

Fonte: Autor (2024)

Os **grupos 1, 2, 4, 6 e 7** acertaram o balanceamento de todas as equações. O **grupo 3** acertou o balanceamento de todas as equações, mas em uma das reações, não o fez de forma simplificada. O **grupo 8** errou o balanceamento de uma das equações. Enquanto o **grupo 5** errou o balanceamento de uma das equações e não simplificou outra equação.

Entretanto, o resultado para essa etapa foi satisfatório, pois a maioria das equações foram balanceadas de maneira correta e algumas embora estivessem balanceadas, não estavam simplificadas.

Outro fator importante para essa etapa foram os debates e os diálogos existentes sobre os conceitos de reagente limitante, reagente em excesso, lei de conservação das massas, lei da proporções definidas e toda a relação entre esses conceitos e as atividades realizadas até o momento.

5.2.3. Aplicação da 3ª etapa.

A 3ª etapa da SD contou com a presença de 23 estudantes (9 alunos a menos que a 1ª etapa e 7 alunos a menos que a 2ª etapa). É importante destacar que os alunos poderiam desistir a qualquer momento da SD, não sendo penalizados por isso. Novamente foi solicitado que os alunos se dividissem nos mesmos grupos das etapas anteriores. Nessa etapa os alunos estavam presentes na sala de aula e se agruparam para o último momento da SD.

Cada grupo recebeu uma folha com quatro questões/problemas do ENEM para que os mesmos discutissem entre si e respondessem. Foi enfatizado que as questões tiveram as alternativas retiradas para que cada grupo pudesse desenvolver seu passo a passo para resposta da questão.

Ao final foi solicitado que os participantes poderiam descrever o que aprenderam durante as três etapas da SD, destacando o que acharam importante.

5.2.3.1 Análise dos resultados da 3ª etapa.

Devido a diminuição do número de participantes nessa etapa, os grupos foram reduzidos de um total de 8, para 6. Cada um dos 6 grupos entregou a atividade com as respostas para as questões do ENEM. Entretanto, desse quantitativo, 4 colocaram anotações do que acharam importante nas etapas e 2 não o fizeram.

A seguir serão apresentadas as questões propostas e as respostas fornecidas pelos grupos de estudantes, como também anotações pertinentes feitas pelos alunos.

Questão 1, retirada do ENEM 2015 PPL:

Os calcários são materiais compostos por carbonato de cálcio, que podem atuar como sorventes do dióxido de enxofre (SO_2), um importante poluente atmosférico. As reações envolvidas no processo são a ativação do calcário, por meio de calcinação, e a fixação do SO_2 com a formação de um sal de cálcio, como ilustrado pelas equações químicas simplificadas.

$$CaCO_{3(s)} \rightarrow CaO_{(s)} + CO_{2(g)}$$
$$CaO_{(s)} + SO_{2\,(g)} + 1/2\ O_{2(g)} \rightarrow \text{sal de cálcio(s)}$$

Considerando-se as reações envolvidas nesse processo de dessulfurização, a fórmula química do sal de cálcio corresponde a?

Dos 6 grupos participantes, 5 responderam as quantidades corretas para a fórmula do sal de cálcio, mesmo que em 3 grupos, a ordem de representação não estivesse correta. Apenas 1 grupo respondeu de maneira equivocada a Questão 1.

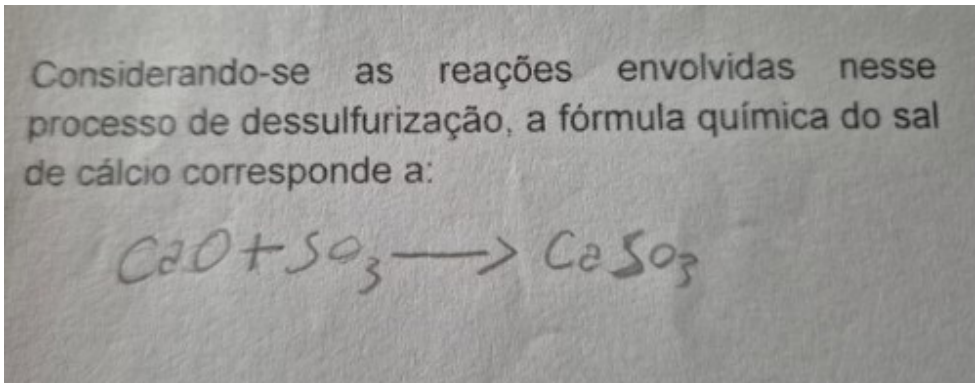
Tabela 07: Respostas para a questão 1

Questão 1	**Resposta**
Grupo 1	$CaSO_4$
Grupo 2	$CaOSO_2O$
Grupo 3	$CaOSO_2O$
Grupo 4	$CaSO_4$
Grupo 5	$CaSO_3$
Grupo 6	$CaOSO_2O$

Fonte: Autor (2024)

Como apresentado na tabela 07, apenas o **grupo 5** não fez a relação correta entre as quantidades representadas na equação, como visto na imagem 25. Esse fato pode estar relacionado a presença de um coeficiente na forma de fração. Entretanto, todos os outros grupos conseguiram responder que o sal de cálcio formado, teria em sua fórmula o quantitativo de 1 cálcio, 1 enxofre e 4 oxigênios.

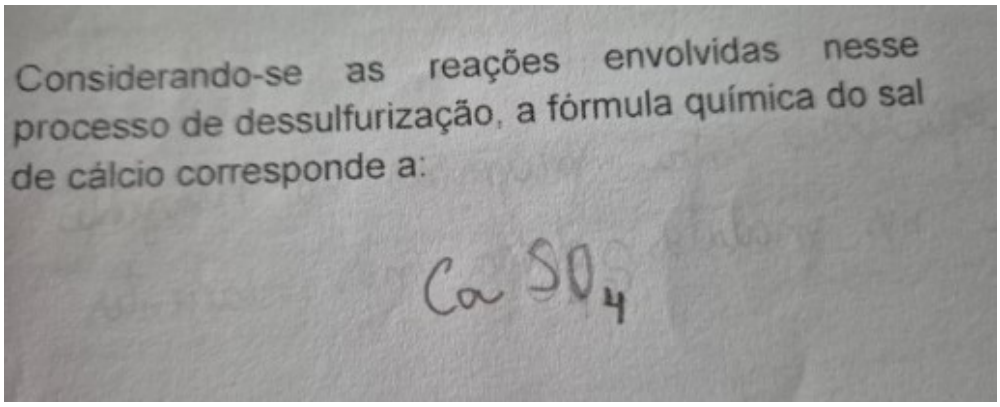
Imagem 25: Resposta do Grupo 5 à questão 1



Fonte: Autor (2024)

A imagem 26 representa a resposta do **grupo 1**, apenas representando a fórmula do sal formado de maneira correta.

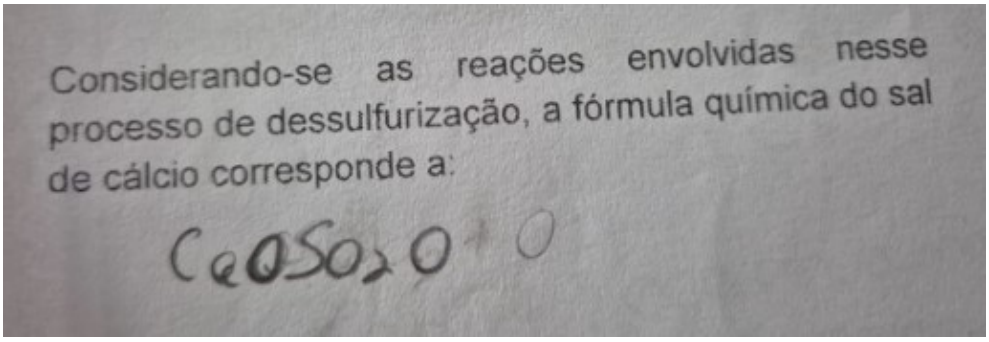
Imagem 26: Resposta do Grupo 1 à questão 1



Fonte: autor (2024)

A imagem 27 representa a resposta do **grupo 2**, onde eles conseguiram fazer a correlação correta das quantidades de átomos presentes nesse sal, mas não representaram a fórmula de maneira correta, organizando os átomos representados.

Imagem 27: Resposta do Grupo 2 à questão 1



Fonte: Autor (2024)

Questão 2 - Retirada do ENEM 2022 PPL:

Um marceneiro esqueceu um pacote de pregos ao relento, expostos à umidade do ar e à chuva. Com isso, os pregos de ferro, que tinham a massa de 5,6 g cada, acabaram cobertos por uma camada espessa de ferrugem ($Fe_2O_3.H_2O$), uma substância marrom insolúvel, produto da oxidação do ferro metálico, que ocorre segundo a equação química:

$$2\ Fe_{(s)} + 3/2\ O_{2\ (g)} + H2O_{(l)} \rightarrow Fe_2O_3.H_2O_{(s)}$$

Considere as massas molares (g/mol): H = 1; O = 16; Fe = 56.

Qual foi a massa de ferrugem produzida ao se oxidar a metade (50%) de um prego?

Dos 6 grupos participantes, 5 apresentaram uma resposta coerente para a pergunta, com todos os cálculos e relações feitas de maneira correta. Apenas um grupo errou essa questão, apresentando um valor diferenciado do que se espera.

Tabela 08: Respostas para questão 2

Questão 2	**Resposta**
Grupo 1	4,45
Grupo 2	4,45
Grupo 3	4,45g
Grupo 4	4,45
Grupo 5	100,125g
Grupo 6	4,45g

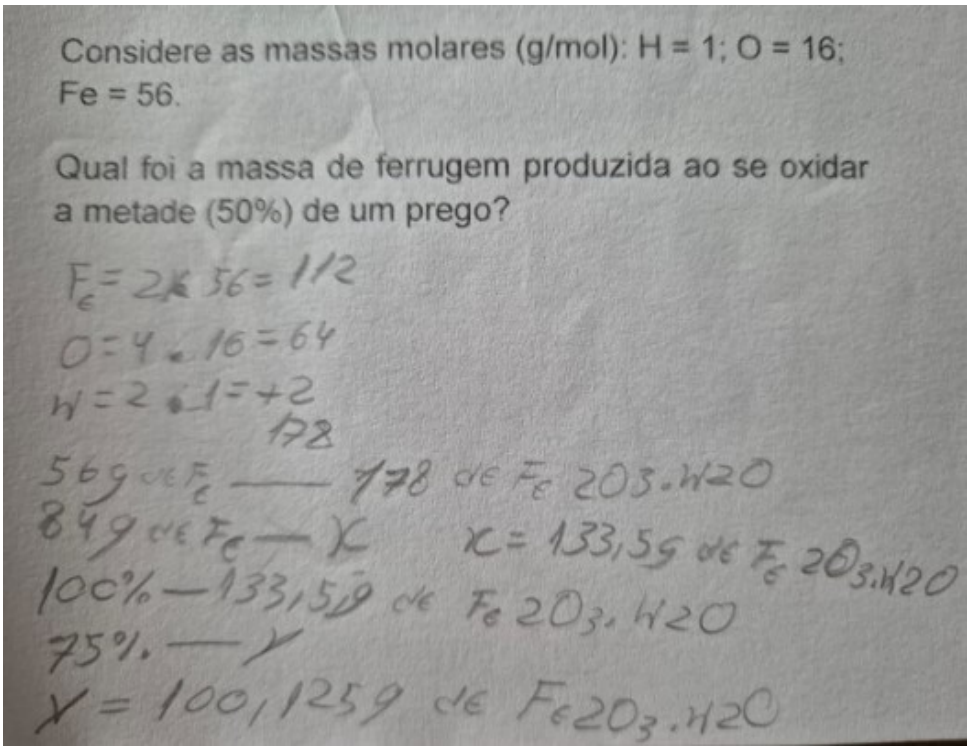
Fonte: Autor (2024)

Nota-se pela tabela 08 que muitos alunos não se preocupam com as representações das grandezas nas respostas, colocando apenas números de forma isolada.

Rocha-Filho (1991), afirma que uma grandeza é um atributo qualquer, mensurável de uma coisa do universo físico. Qualquer medida do valor de uma grandeza consiste sempre numa comparação da magnitude da grandeza com uma usada como unidade de medida. Deve ser lembrado, que jamais a magnitude de uma grandeza pode ser representada simplesmente por um número puro, isto é, um número desacompanhado de uma unidade apropriada (a menos que a grandeza seja adimensional)

Para essa questão, novamente o Grupo 5 apresentou uma resposta equivocada, fazendo relações de maneira incorreta e até calculando a porcentagem que não condizia com o quê a questão pedia. A imagem 28 mostra a desenvolvimento da questão para o grupo 5.

Imagem 28: resposta do grupo 5 à questão 2

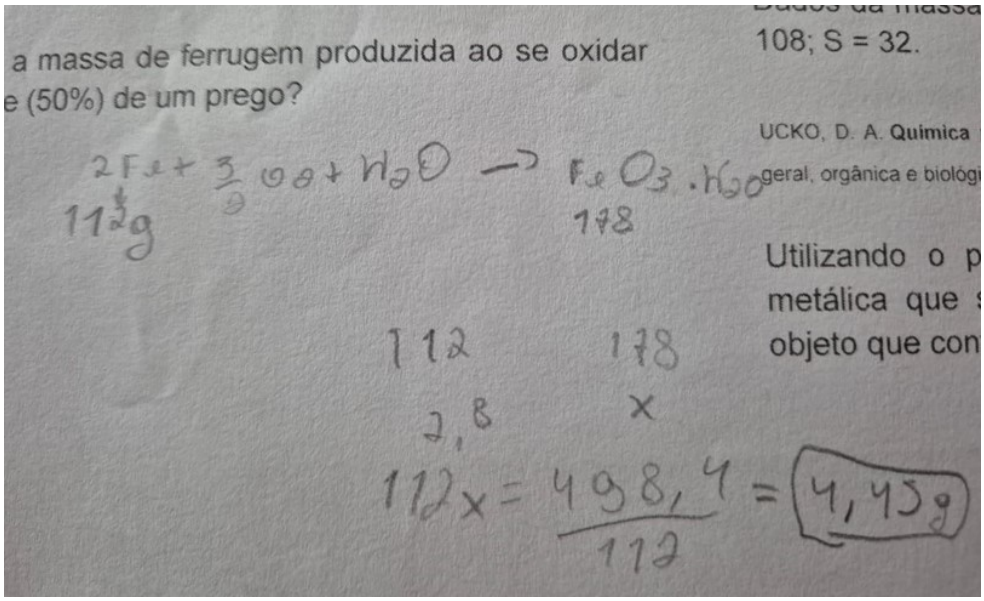


Fonte: Autor (2024)

Percebe-se pela resposta apresentada que o grupo conseguiu calcular a massa da ferrugem ($Fe_2O_3.H_2O$), chegando ao resultado de 178 (sem representar a grandeza), mas não fez a proporção correta pela reação com o número de mols do ferro (Fe) determinado na reação. Ainda de maneira equivocada, o grupo calculou 75% dessa massa, onde na questão relatava que a massa era de metade (50%).

Diferentemente, o grupo 3 rescreveu a reação, identificando os participantes e colocando as quantidades referentes a cada substância. A imagem 29 representa o desenvolvimento da resposta do grupo 3.

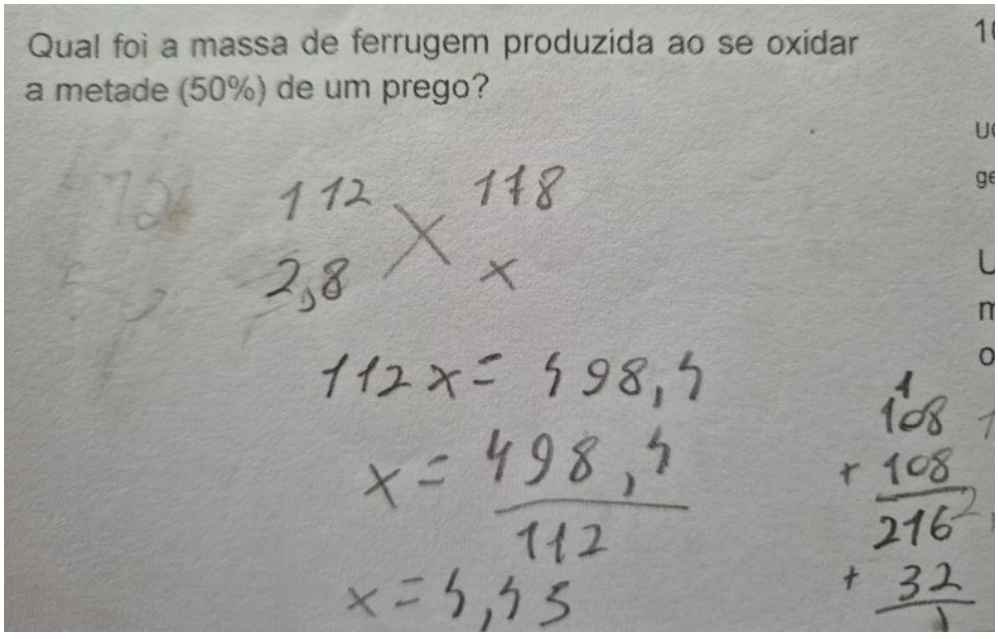
Imagem 29: Resposta do grupo 3 à questão 2



Fonte: Autor (2024)

Um fato relevante em relação a resposta do grupo 3, é que eles especificaram a grandeza da resposta, relatando que se tratava de g (gramas). Enquanto o Grupo 2 não especificou a grandeza (Imagem 30), como também não identificou os participantes dos cálculos, colocando apenas números para representar a resposta a questão.

Imagem 30: Resposta do grupo 2 à questão 2



Fonte: Autor (2024)

Questão 3 - Retirada do ENEM 2021 PPL - Adaptada

A obtenção de etanol utilizando a cana-de-açúcar envolve a fermentação dos monossacarídeos formadores da sacarose contida no melaço. Um desses formadores é a glicose ($C_6H_{12}O_6$), cuja fermentação produz cerca de 50 g de etanol a partir de 100 g de glicose, conforme a equação química descrita.

$$C_6H_{12}O_{6(s)} \rightarrow 2\ CH_3CH_2OH_{(l)} + 2\ CO_{2(g)}$$

Em uma condição específica de fermentação, obtém-se 80% de conversão em etanol. O melaço utilizado apresentou 50 kg de monossacarídeos na forma de glicose.

A massa de etanol, em quilos, obtido nesse processo é mais próxima de?

Dos 6 grupos participantes, 5 responderam a questão de forma correta, enquanto apenas um grupo não respondeu a questão, deixando-a em branco. A tabela 09 apresenta as respostas dos grupos a questão 3.

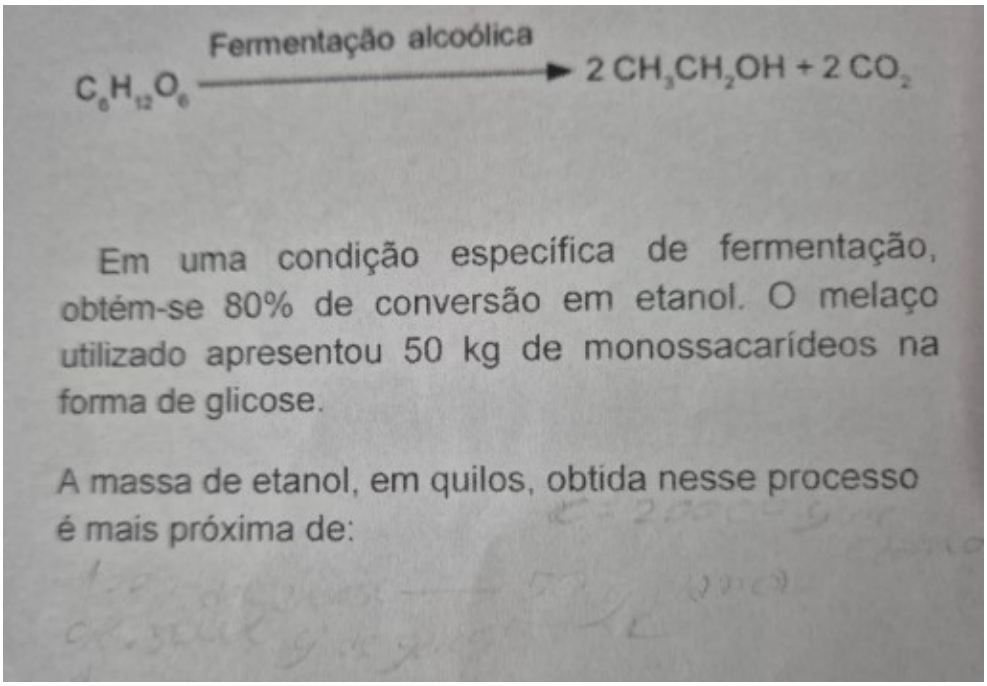
Tabela 09: Respostas para questão 3

Questão 2	**Resposta**
Grupo 1	20 kg de etanol
Grupo 2	20
Grupo 3	20 kg
Grupo 4	20
Grupo 5	
Grupo 6	20

Fonte: Autor (2024)

Novamente o grupo 5 não conseguiu responder a questão. Entretanto, diferentemente do que aconteceu nas questões anteriores, nessa, o grupo deixou a resposta em branco. Pela imagem 31, percebe-se que o grupo tentou responder e fazer alguma relação para uma possível resposta, mas preferiu apagar o que tinha feito.

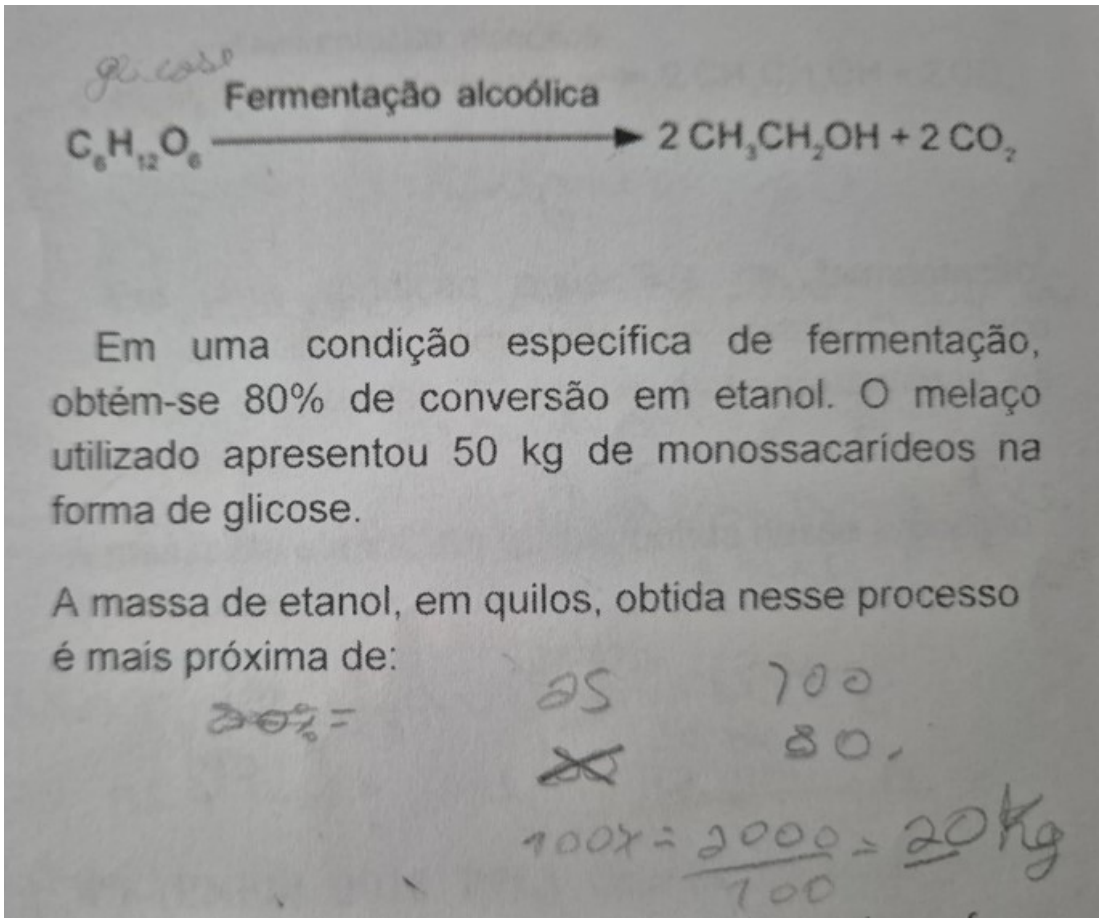
Imagem 31: Espaço para resposta do grupo 5 à questão 3.



Fonte: Autor (2024)

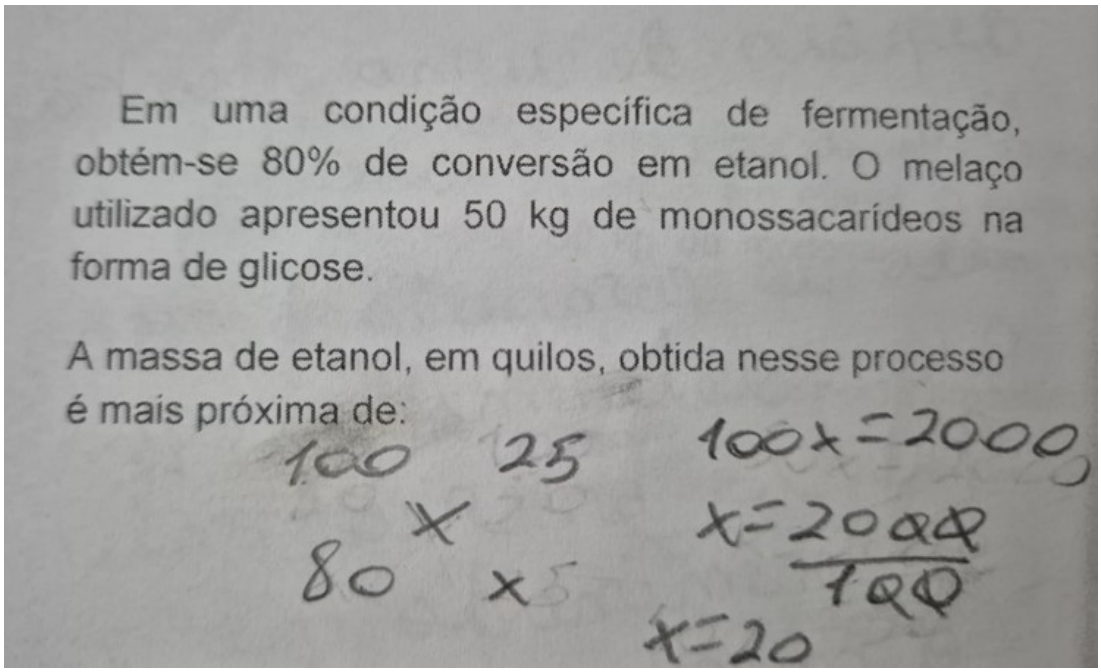
Diferentemente, os grupos 2 e 3 responderam a questão. Deve-se enfatizar, mais uma vez, que o grupo 3 colocou a grandeza na resposta final, bem como identificou na reação quem era a glicose (Imagem 32), enquanto o grupo 2 colocou apenas os números para chegar numa resposta final sem especificação (Imagem 33).

Imagem 32: Resposta do grupo 3 à questão 3



Fonte: Autor (2024)

Imagem 33: Resposta do grupo 2 à questão 3.



Fonte: Autor (2024)

Questão 4 - Retirada do ENEM 2018 PPL

Objetos de prata sofrem escurecimento devido à sua reação com enxofre. Estes materiais recuperam seu brilho característico quando envoltos por papel alumínio e mergulhados em um recipiente contendo água quente e sal de cozinha.A reação não balanceada que ocorre é:

$$Ag_2S_{(s)} + Al_{(s)} \rightarrow Al_2S_{3(s)} + Ag_{(s)}$$

Dados da massa molar dos elementos (g mol-1): Ag = 108; S = 32.

Utilizando o processo descrito, a massa de prata metálica que será regenerada na superfície de um objeto que contém 2,48 g de Ag_2S é?

Dos 6 grupos participantes, todos tiveram resultados satisfatórios para a questão. Deve-se levar em consideração que essa questão era a mais trabalhosa, pois além da proporção estequiométrica a ser feita, os alunos teriam que balancear a reação inicialmente. A tabela 10 apresenta as respostas dos grupos a questão 4.

Tabela 10: Respostas para questão 4

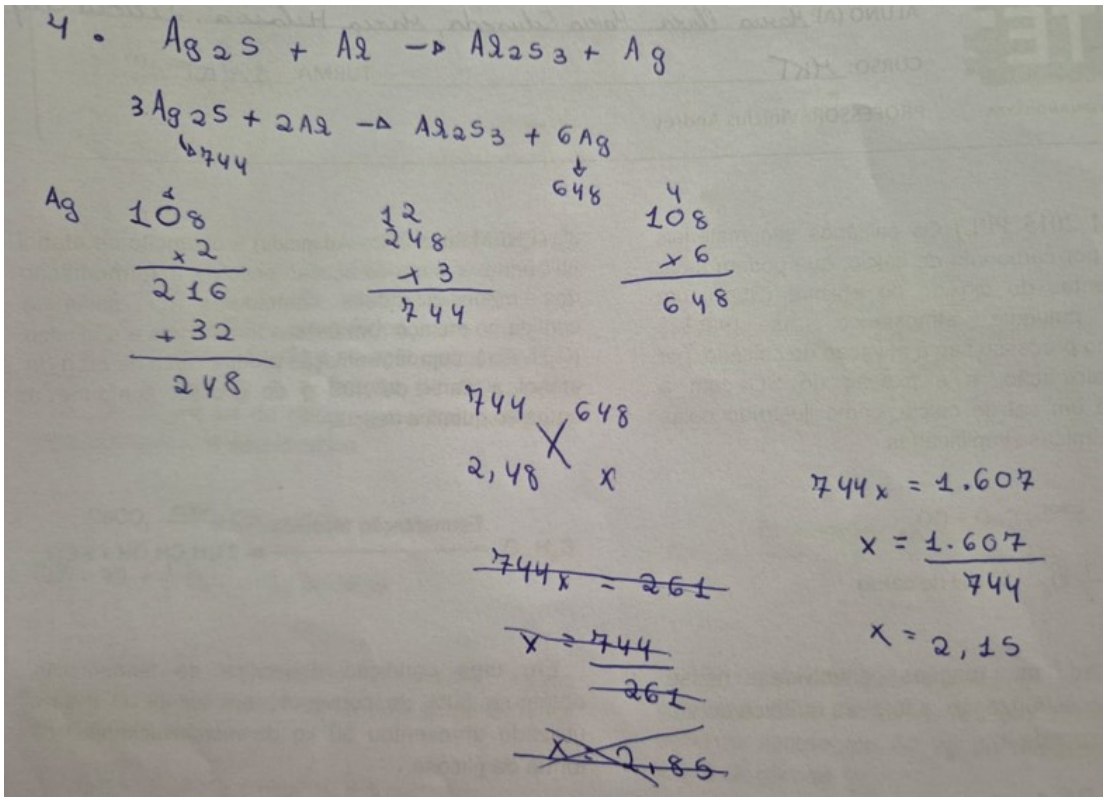
Questão 2	**Resposta**
Grupo 1	2,16
Grupo 2	2,16
Grupo 3	2,16
Grupo 4	2,15
Grupo 5	2,16 g de Ag
Grupo 6	2,16g

Fonte: Autor (2024)

Novamente percebe-se que os alunos não tem a frequência de representar as grandezas referentes aos números que utilizam. De todos os grupos, apenas os grupos 5 e 6 representaram a unidade de medida. Considerando que todos os resultados foram satisfatórios, entendesse que os alunos conseguiram compreender o balanceamento de equações, pois era algo primordial para a resolução da questão. O **Grupo 5** respondeu de maneira satisfatória, mesmo após ter errado as questões 1

e 2, e de ter deixado a questão 3 em branco. Enquanto o **grupo 4** apresentou um valor diferente dos demais na casa centesimal, demonstrando equívoco no arredondamento da resposta, já que sua resposta final, pelos cálculos seria de 2,159946. O grupo 4 apresentou como resposta 2,15, não arredondando para 2,16 como os outros grupos fizeram. Outro fato importante a ressaltar do grupo 4, é que foi o único grupo que fez a relação dos participantes da reação com os cálculos. A imagem 34 mostra a resposta do grupo 4.

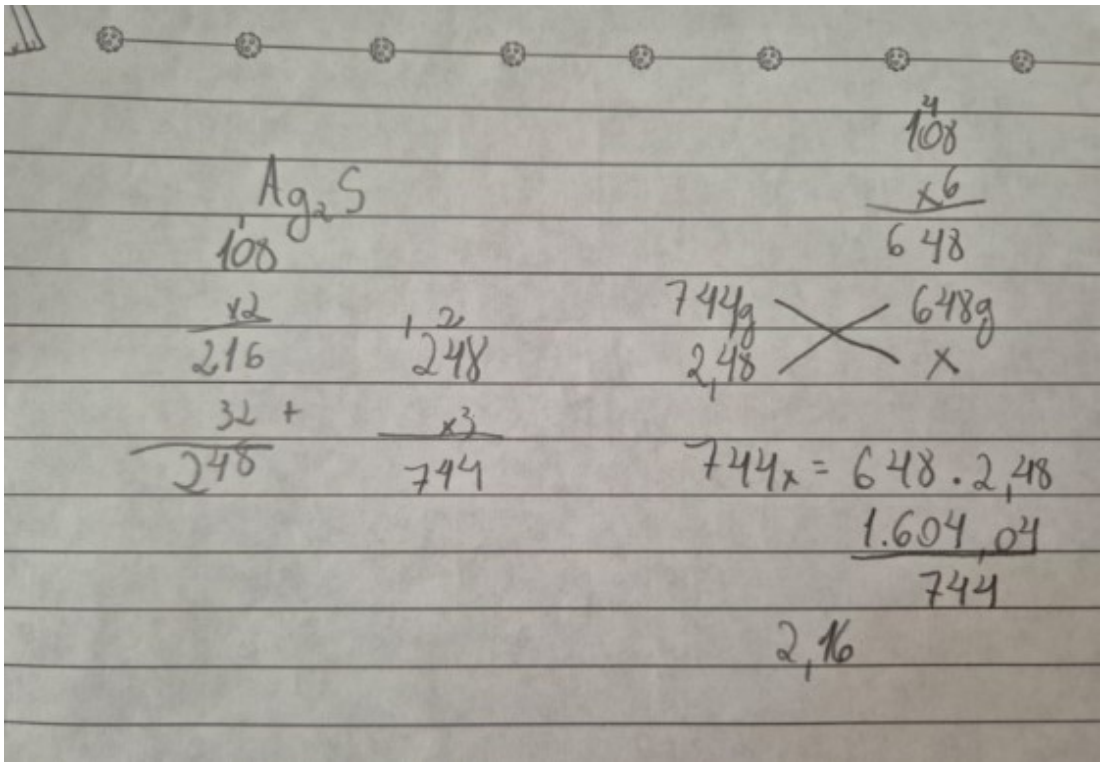
Imagem 34: Resposta do grupo 4 à questão 4.



Fonte: Autor (2024)

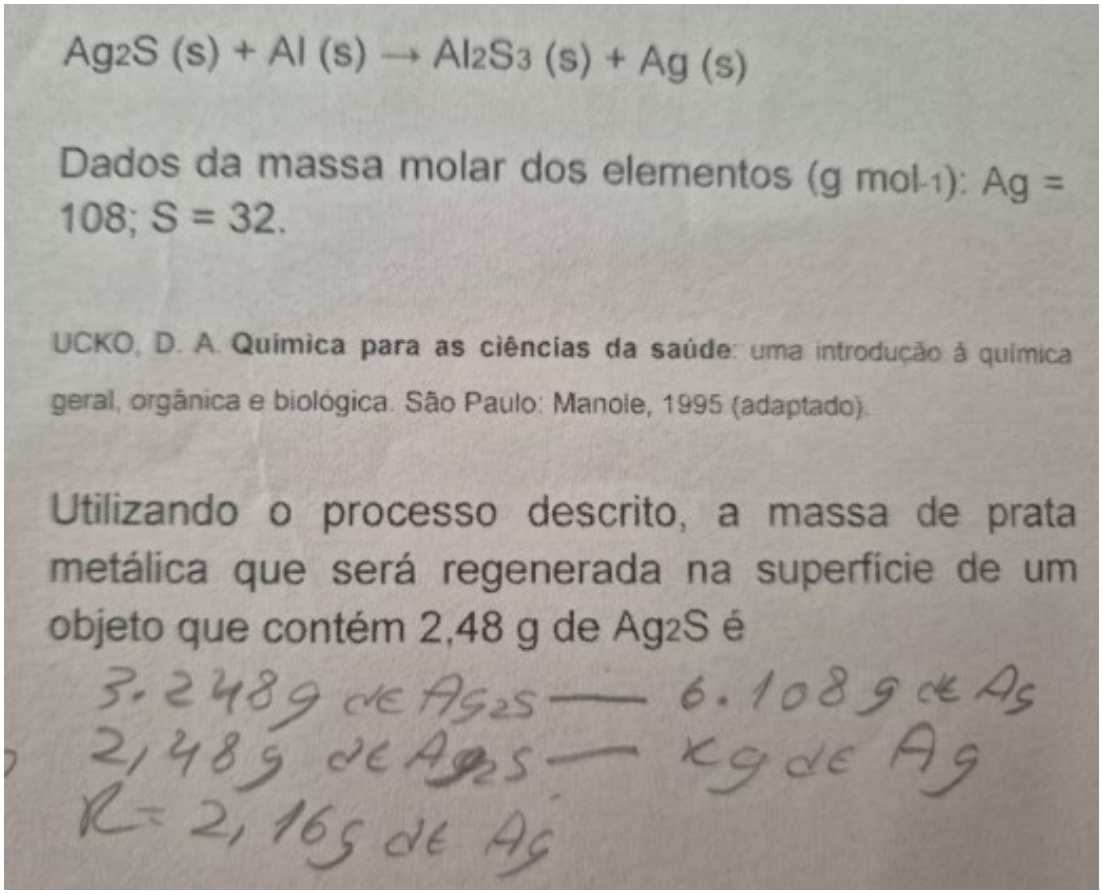
As imagens 35 e 36 trazem as respostas dos grupos 1 e 5. Vale ressaltar que o grupo 1 anexou uma folha de caderno para responder a questão.

Imagem 35: Resposta do grupo 1 à questão 4



Fonte: Autor (2024)

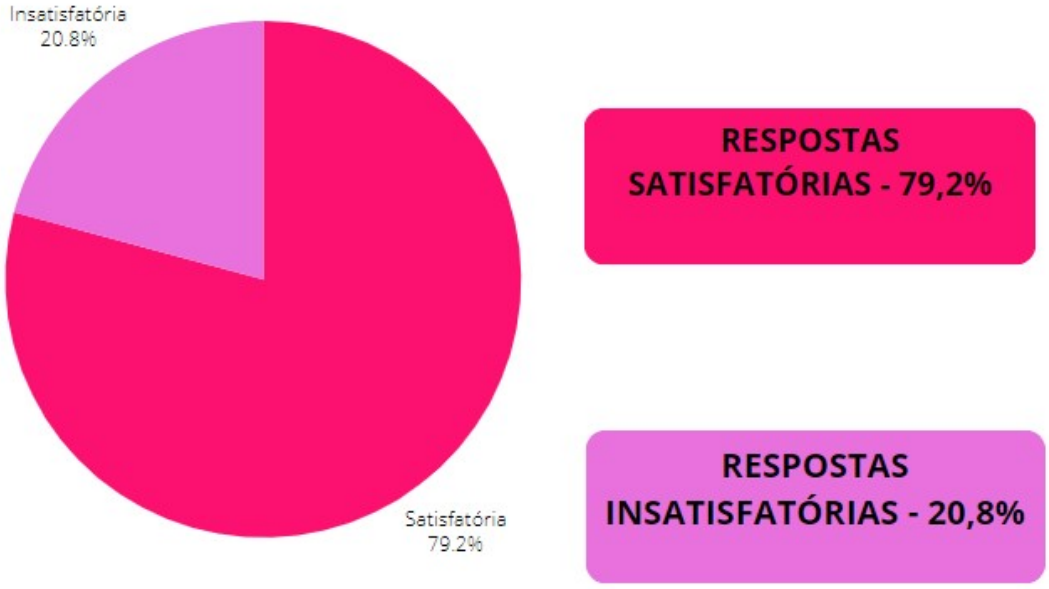
Imagem 36: Resposta do grupo 5 à questão 4



Fonte: Autor (2024)

Considerando o alto índice de respostas satisfatórias (19), gráfico 1, para um total de 24 respostas possíveis as 4 questões, pode-se considerar que a SD apresentou um resultado positivo e um entendimento para os alunos participantes. Entende-se por resposta satisfatória aquela que se aproximou do resultado correto, ou realmente estava correta. Dos grupos participantes, apenas o **Grupo 5** não teve resultado satisfatório para todas as questões, tendo acertado apenas a questão 4.

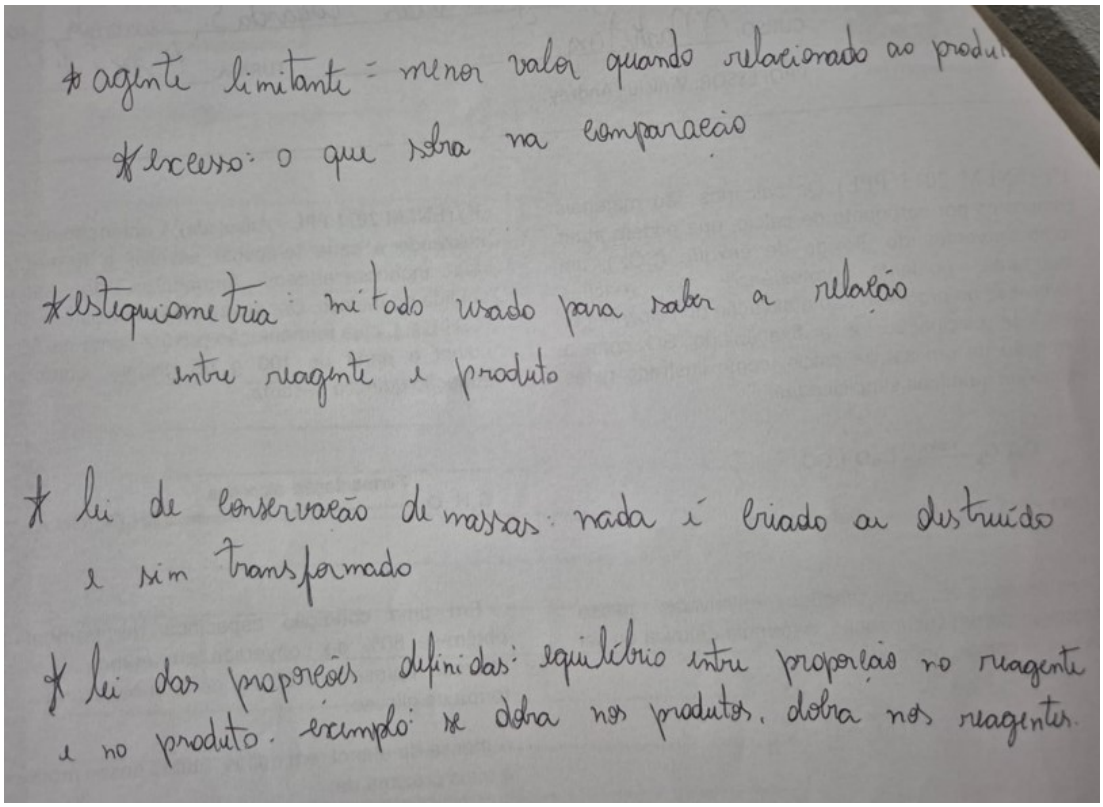
Gráfico 1: Porcentagem de respostas satisfatórias.



Fonte: Autor (2024)

As imagens 37, 38 e 39, demonstram as anotações que os grupos 1, 2 e 3 realizaram, respectivamente. Vale ressaltar que os outros grupos não quiseram fazer anotações sobre o que aprenderam durante da SD.

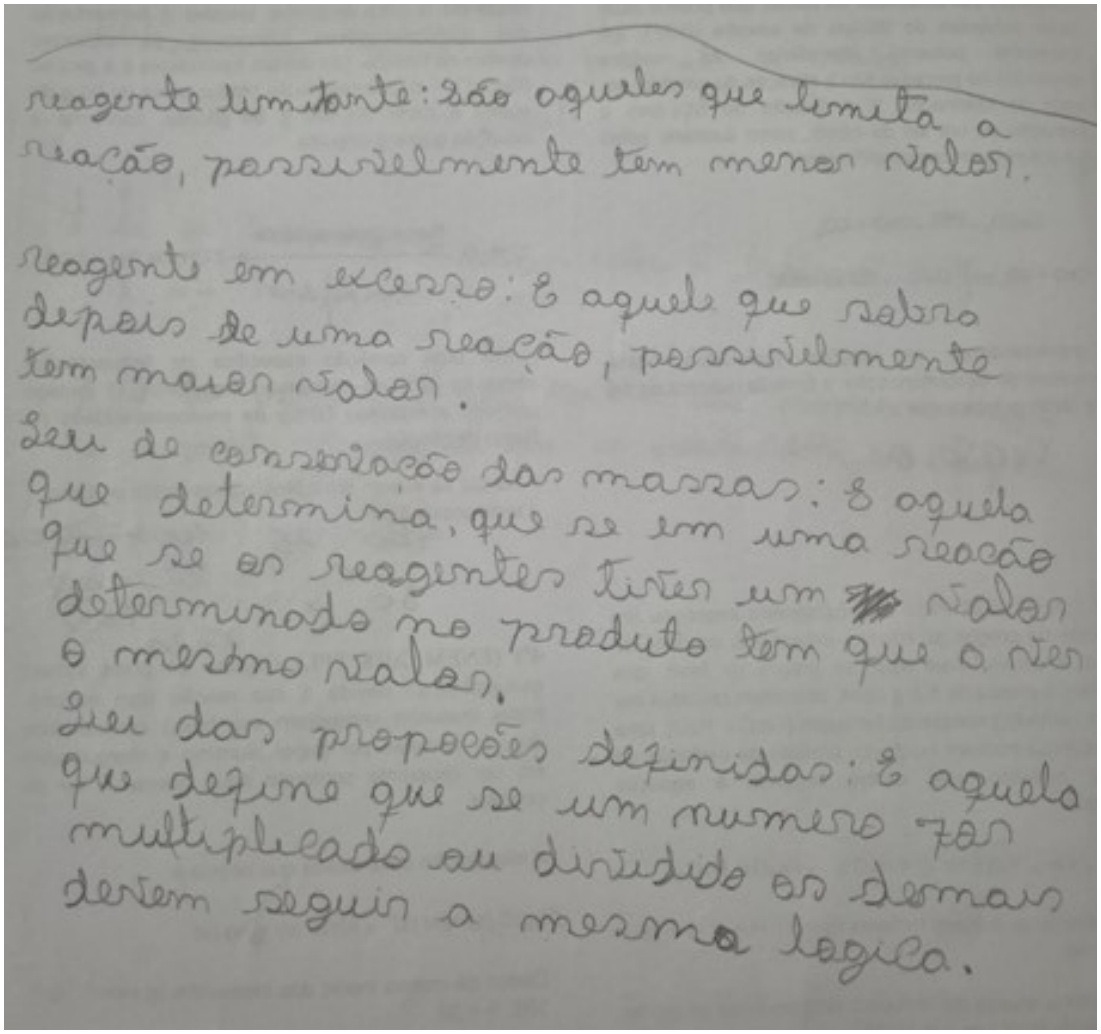
Imagem 37: Anotações do grupo 1



Fonte: Autor (2024)

Na imagem 37 percebe-se o equívoco do grupo, a princípio, quando escreveu agente limitante, ao invés de reagente limitante. Entretanto, todas as outras anotações do grupo foram pertinentes e estavam de maneira correta.

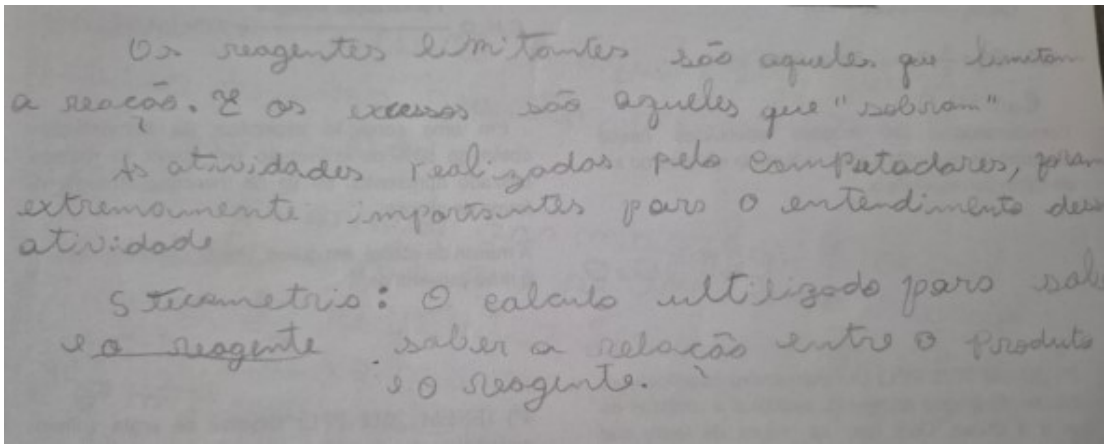
Imagem 38: Anotações do grupo 2



Fonte: Autor (2024)

Na imagem 38, o grupo 2 escreveu sobre reagente limitante, reagente em excesso e as leis ponderais. Todas as anotações estavam pertinentes com os debates realizados em sala.

Imagem 39: Anotações do grupo 3



Fonte: autor (2024)

Na imagem 39, o grupo 3 também relatou os conceitos aprendidos, enfatizando que a atividade do PhET Colorado foi importante para o desenvolvimento do aprendizado e resolução das questões.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo elaborar e aplicar uma sequência didática em química, para o ensino de estequiometria, utilizando uma abordagem multifacetada que envolveu um estudo experimental, simulação computacional e aplicação de questões do ENEM. Através dessa metodologia, foi possível alcançar resultados significativos que contribuem para a estequiometria. Os resultados experimentais demonstram que os alunos conseguiram compreender o conceito de reação e posteriormente os conceitos de reagente limitante e reagente em excesso, enquanto as simulações computacionais corroboraram esses achados, oferecendo uma perspetiva detalhada sobre o conhecimento científico. A aplicação de questões do ENEM permitiu avaliar a compreensão dos conteúdos abordados, resultando em um desempenho satisfatório dentro da metodologia qualitativa adotada. A relevância dos nossos resultados é evidente ao considerar a importância da estequiometria na compreensão da química e dos conteúdos relacionadas.

Este trabalho não só valida a eficácia da metodologia aplicada, mas também fornece uma base sólida para as futuras investigações relacionadas ao ensino de química, especificamente no balanceamento de reações e estequiometria. As implicações práticas incluem a realização de experimento com debates dos resultados obtidos, pois o experimento visou aguçar o senso crítico dos estudantes, não seguindo a metodologia tradicional de experimento com roteiro pronto.

É importante frisar que o estudo possui limitações, incluindo a desistência de alunos durante o processo, bem como a não entrega de atividades por opção dos alunos. Entretanto, percebe-se que os alunos que participaram de todas as etapas e dedicaram-se as metodologias utilizadas, tiveram um resultado satisfatório, com uma compreensão crítica do balanceamento de reações e também de estequiometria.

Em suma, este trabalho representa um avanço significativo no ensino de estequiometria, demonstrando a eficácia de uma abordagem integrada e qualitativa para compreensão de conceitos essenciais na química. Acredito que as descobertas apresentadas e os resultados obtidos, terão um impacto duradouro e positivo, tanto na vida dos alunos participantes, quanto estimulando novas pesquisas e práticas e inovadoras.

7 REFERÊNCIAS

ALKAN, F.; KOÇAK, C. **Chemistry laboratory applications supported with simulation.** Procedia Social and Behavioral Sciences. n. 176, p. 970-976, 2015.

Basso, M. R. M.; Galembeck, F. Modelagem molecular: um recurso didático para o ensino de Química**. Química nova na Escola**, 2005.

BAPTISTA, Sofia Galvão; CUNHA, Murilo Bastos da. Estudo de usuários: visão global dos métodos de coleta de dados. **Perspectivas em ciência da informação**, v. 12, p. 168-184, 2007.

BEHAR, P. A. **Modelos pedagógicos em educação a distância.** Porto Alegre: Artmed, 2009.

Beltran, N. O. & Ciscato, C. A. M. (1999). **Química**. São Paulo: Cortez

BERNARDELLI, M.S. Encantar para Ensinar – Um Procedimento Alternativo para o Ensino de Química. In: Convenção Brasil Latino América, Congresso Brasileiro e Encontro Paranaense de Psicoterapias Corporais, Foz do Iguaçu, 2004.

Bezerra, M. S.; Vasconcelos, F. C. G. C. **Ensino na Educação Básica**, Volume III. Natal - IFRN 2019

BOUJAOUDE, S.; BARAKAT, H. Dificuldades de alunos do ensino secundário com estequiometria. **School Science Review,** 81 (296), 91 - 98, 2000.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular.** Brasília: MEC/SEF, 2018.

BRASIL. **Lei nº 9.394 de 20 de dezembro de 1996.** Estabelece as diretrizes e bases da educação Nacional. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm. Acesso em 27 de junho de 2023

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF: MEC, 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/. Acesso em: 26 jul. 2024.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. **Resolução CNE/CP 1, de 18 de fevereiro de 2002.** Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores da Educação Básica, em nível superior, curso de Licenciatura, de graduação plena. Disponível em: portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/res1_2.pdf. Acesso em 18 de junho de 2023.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais Ensino Médio**. Brasília: MEC/SEF, 2000.

BRASIL. Secretaria de Educação Básica. Diretoria de Apoio à Gestão Educacional. **Pacto nacional pela alfabetização na idade certa: alfabetização em foco: projetos didáticos e sequências didáticas em diálogo com os diferentes componentes curriculares: ano 03, unidade 06** / Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, Diretoria de Apoio à Gestão Educacional. -Brasília: MEC, SEB, 2012.

BRASILEIRO, L. B.; MATIAS, J. C. Simulações computacionais no Ensino de Química: estudando as micro-ondas. **Experiências em Ensino de Ciências**.v.14, n.2. 2019

CACHAPUZ, A.; PAIXÃO, MF Conservação de massa em reações químicas: o desenvolvimento de uma estratégia de ensino inovadora baseada na história e filosofia da ciência. **Chemistry Education: Research and Practice in Europe** , v. 1, p. 201-215, 2000.

CAMPOS, MCC; NIGRO, RG **O ensino-aprendizagem como investigação** . São Paulo: FTD.

CARNEVALE, Maria Rosa. **Araribá mais ciências – 9º ano** . 1.ed. São Paulo: Editora Moderna, 2018.

CARVALHO, Elisandra Gonçalves; BULL, Érika Soares. O uso de modelos moleculares e da experimentação para o ensino de Estequiometria. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 8, p. 61971-61986, 2020.

Castro, L., & Ricardo, M. (1993). **Gerir o trabalho de projecto: Um manual para professores e formadores.** Lisboa: Texto Editora.

CAZZARO, F. Um experimento envolvendo estequiometria. **Química Nova na Escola**. N° 10. Novembro, 1999.

Constituição Brasileira CF88. Titulo I (camaradescalvado.sp.gov.br), Acesso em 12 de julho de 2022.

CORREIA, S. Inteligência Emocional e Robótica na Educação. **Revista Perspectiva,** 2008.

Costa, T. S. et. al. (2005). A corrosão na abordagem da cinética química. **Química Nova na Escola.** São Paulo, v. 22, p. 31-34.

COSTA, Ana Alice Farias; DA TRINDADE SOUZA, Jorge Raimundo. 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, 2013.

COSTA, Eliana T. Hawthorne; ZORZI, Marilde Beatriz. Uma proposta diferenciada de ensino para o estudo da estequiometria. **Produção didático-pedagógica da UEM, Maringá (PR)**, 2008.

DA COSTA, Ana Alice Farias; DA TRINDADE SOUZA, Jorge Raimundo. 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, 2013.

DE SOUZA MINAYO, Maria Cecília; DESLANDES, Suely Ferreira; GOMES, Romeu. **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. Editora Vozes Limitada, 2011.

FARIAS, Pablo Antonio Maia de; MARTIN, Ana Luiza de Aguiar Rocha; CRISTO, Cinthia Sampaio. Aprendizagem ativa na educação em saúde: percurso histórico e aplicações. **Revista brasileira de educação médica**, v. 39, p. 143-150, 2015.

FERNANDES, L. S.; CAMPOS, A. F. Tendências de pesquisa sobre a resolução de problemas em Química. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 16, n. 3, p. 458–482, 2017.

GERMANO, Carolina M. et al. Utilização de frutas regionais como recurso didático facilitador na aprendizagem de funções orgânicas. In: **ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA**, 15., 2010, Brasília. Anais [...]. Brasília: XV ENEQ, 2010.

GODOY, Arlida Schmidt. Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades. **Revista de administração de empresas**, v. 35, p. 57-63, 1995.

GOI, Mara Elisângela Jappe; SANTOS, Flávia Maria Teixeira. A construção do conhecimento químico por estratégias de resolução de problemas. **IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 1-12, 2003.

GOLDENBERG, M. **A arte de pesquisar**. Rio de Janeiro: Record, 1997.

GOMES, Rafaela Sampaio; DA HORA MACEDO, Simone. Cálculo estequiométrico: o terror nas aulas de Química. **Revista Vértices**, v. 9, n. 1/3, p. 149-160, 2007.

GONÇALVES, Raquel Pereira Neves; GOI, Mara Elisângela Jappe. Experimentação no ensino de química na educação básica: uma revisão de literatura. **Revista Debates em ensino de Química**, v. 6, n. 1, p. 136-152, 2020.

GUIMARÃES, Cleidson Carneiro. Experimentação no ensino de química: caminhos e descaminhos rumo à aprendizagem significativa. **Química Nova na Escola**, v. 31, n. 3, p. 198-202, 2009.

GUIMARÃES, Yara; GIORDAN, Marcelo. Elementos para validação de sequências didáticas. **Encontro Nacional de Pesquisa Em Educação Em Ciências**, v. 9, p. 1-8, 2013.

KENSKY, V. M. **Educação e tecnologias: o novo ritmo da informação.** Campinas: Papirus, 2003.

LAUGIER, A. E. A. DUMON The equation of reaction: a cluster of obstacles which are difficult to overcome. **Chemistry Education: researchand Pratice**, v. 5 n. 3, p. 327-342. 2004.

LEITE, Luciana Rodrigues et al. O uso de sequências didáticas no ensino de Química: proposta para o estudo de modelos atômicos. **Revista Brasileira de Extensão Universitária**, v. 11, n. 2, p. 177-188, 2020.

LIMA, Luís Spencer. Princípio das proporções definidas (Lei de Proust). **Revista de Ciência Elementar**, v. 3, n. 2, 2015.

MACHADO, Gabriella Eldereti. **Tecnologias da informação e comunicação aplicadas à educação**. Indaial: UNIASSELVI, 2019.

MASETTO, M. T. **Competência Pedagógica do Professor Universitário.** São Paulo: Summus Editorial, 2003.

MEGGIOLARO, G. P. **Uma investigação entre os mecanismos externos de mediação e situações-problema de eletrostática, em uma disciplina de física geral em nível universitário**. Mafra, SC. Ed. da UnC, 2020.

MÉHEUT, M. Teaching-learning sequences tools for learning and/or research. In: BOERSMA, K. et al. (Ed.). **Research and quality of science education**. Dordrecht: Springer, 2005. p. 195-207

MENESES, Fábia Maria Gomes; NUÑEZ, Isauro Beltrán. Erros e dificuldades de aprendizagem de estudantes do ensino médio na interpretação da reação química como um sistema complexo. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 24, n.. 1, pp. 175-190, 2018.

MERÇON, Fábio. A experimentação no ensino de química. **Anais do IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), Bauru, SP**, p. 25-29, 2003.

METCALFE, Janet. Learning from errors. **Annual Review of Psychology**, v. 68, p. 465-489, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1146/annurev-psych010416-044022. Acesso em: 28 abr. 2024

MIGLIATO FILHO, José Roberto. **Utilização de modelos moleculares no ensino de estequiometria para alunos do ensino médio**. 2005. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP. Disponível em: https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/6616. Acesso em: 25 maio 2023.

MINAYO, M. C. S. (Org.). **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. Rio de Janeiro: Vozes. (2001).

MONTEIRO, R. **A aprendizagem cooperativa como estratégia de ensino na ação de educadores de infância e professores do 1.º ciclo do ensino básico**. 2012. Relatório de estágio – Universidade dos Açores, Ponta Delgada. Disponível em: https://repositorio.uac.pt/bitstream/10400.3/1535/1/DissertMestradoRenataPaulaSilvaMonteiro2012.pdf. Acesso em: junho 2023.

MORAIS, C. **Simulação digital e atividades experimentais em Físico-Químicas: estudo piloto sobre o impacto do recurso "Ponto de fusão e ponto de ebulição" no 7.º ano de escolaridade**. 2007.

MORÁN, José et al. Mudando a educação com metodologias ativas. **Coleção mídias contemporâneas. Convergências midiáticas, educação e cidadania: aproximações jovens**, v. 2, n. 1, p. 15-33, 2015.

MOREIRA, Marco Antônio. **Aprendizagem significativa subversiva**. Série Estudos - Periódico do Programa de Pós-Graduação em Educação da UCDB, v. 71, 2006. Disponível em: http://www.serie-estudos.ucdb.br/serieestudos/article/view/289. Acesso em: 23 abr. 2024.

NEVES, José Luis. Pesquisa qualitativa: características, usos e possibilidades. **Caderno de pesquisas em administração, São Paulo**, v. 1, n. 3, p. 1-5, 1996.

NIZA, S. A organização social do trabalho de aprendizagem no 1.º CEB. **Inovação**, v. 11, p. 77-98, 1998. Disponível em: https://centrorecursos.movimentoescolamoderna.pt/dt/1_2_0_mod_pedag_mem/120_d_01_org_social_trab_aprend1ceb_sniza.pdf. Acesso em: junho 2023.

PAULA, H. F. As Tecnologias de Informação e Comunicação, o ensino e a aprendizagem de Ciências Naturais.In: MATEUS, A. L. (Org.) **Ensino de Química mediado pelas TICS**. Belo Horizonte: Editora UFMG. 2015.

PAULA, H.F. Fundamentos Pedagógicos para o Uso de simulações e Laboratórios virtuais no Ensino de Ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. Belo Horizonte, v. 17, n. 1, p. 75 – 103, abril, 2017

PERETTI, L. Sequência didática na matemática. **Revista de Educação do Ideau**, Vol 8, nº 17, 2013.

PRICINOTTO, Gustavo; PRIMO, Julia Oliveira. Experimentando e “Adoçando” o Ensino de Química: das dificuldades em estequiometria à confecção de alfajores. **Educação Química en Punto de Vista**, v. 4, n. 1, 2020.

ROCHA-FILHO, Romeu C.; SILVA, RR da. Sobre o uso correto de certas grandezas em química. **Química Nova**, v. 14, n. 4, p. 300-305, 1991.

RODRIGUES, Leude Pereira; MOURA, Lucilene Silva; TESTA, Edimárcio. O tradicional e o moderno quanto à didática no ensino superior. **Revista científica do ITPAC**, v. 4, n. 3, p. 1-9, 2011.

SÁ, H. C. A.; SILVA, R. R. Contextualização e interdisciplinaridade: concepções de professores no ensino de gases. Disponível em: http://www.quimica.ufpr.br/eduquim/eneq2008/resumos/R0621-1.pdf. Acesso em: 05 jul. 2022.

SANTOS, Lívia Cristina; DA SILVA, Márcia Gorette Lima. O estado da arte sobre estequiometria: dificuldades de aprendizagem e estratégias de ensino. **Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas**, n. Extra, p. 3205-3210, 2013.

SALESSE, Anna Maria Teixeira. **A experimentação no ensino de química: importância das aulas práticas no processo de ensino aprendizagem**. 2012.

Scheiner, Daniele da Rocha. **Recursos educacionais e objetos de aprendizagem.** Indaial: UNIASSELVI, 2019.

Silva, Laianna de Oliveira. **Proposta de um jogo didático para ensino de estequiometria que favorece a inclusão de alunos com deficiência visual.** (2014).

SILVA, Vinícius Gomes da. **A importância da experimentação no ensino de química e ciências**. 2016.

PHET COLORADO. **PhET Colorado**. 2023. Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/about. Acesso em: 02 jul. 2023.

STERNE, R. W.; SMALL, G. E.; HOOD, J. M. The conservation of mass. **Nature Education Knowledge**, v. 3, n. 10, p. 20, 2011.

STRIEDER, Roseline Beatriz; KAWAMURA, Maria Regina Dubeux. Educação CTS: parâmetros e propósitos brasileiros. Alexandria: **Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 10, n. 1, p. 27-56, 2017.

UCKO, D. A. **Química para as ciências da saúde: uma introdução à química geral, orgânica e biológica**. São Paulo: Manole, 1995 (adaptado).

VASCONCELOS, F.C.G.C. **Simulações no Ensino de Química: breve panorama nas publicações do ENEQ**. 20º Encontro Nacional de Ensino de Química, 2020

VASCONCELOS, F.C.G.C. **Levantamento e análise das Simulações do PhET para o ensino e aprendizagem de Química**. X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – X ENPEC

VASCONCELOS, F. C. G. C. **Estratégia Flexquest: possibilidades para a flexibilização do conhecimento**. 1 ed. Curitiba: Appris, p. 50-51, 2016

Zabala, A. **A prática educativa: como ensinar**. Artmed Editora, 1998.

ZACHARIAS. C.; ANDERSON, R. *The effects of an interactive computer-based simulation prior to performing a laboratory inquiry-based experiment on students' conceptual understanding of physics.**American Journal of Physics***,v. 71, n. 6, p. 19-640, 2003.

ZILLI, Giovani Bonamigo. **Simulador PhET Colorado: tecnologia aliada ao ensino de química no ensino médio**. In: **TECNOLOGIAS EDUCACIONAIS: METODOLOGIAS, TÉCNICAS E AMBIENTES EM PESQUISA – VOLUME 2**. Editora Científica Digital, 2022. p. 129-140.

APÊNDICE 1

Sequência didática

- 1º momento:

No 1º encontro os alunos serão divididos em 8 grupos de 5 integrantes, onde cada grupo receberá quantidades definidas de bicarbonato de sódio ($NaHCO_3$) e ácido acético (vinagre - $C_2H_4O_2$), sem que eles tenham conhecimento de que substâncias são essas. Como são substâncias comuns ao cotidiano e que não apresentam riscos a saúde, eles serão orientados a tentar identificar essas substâncias, seja por meio do olfato, paladar ou suas propriedades físicas, e anotar as características das mesmas. Os grupos serão divididos da seguinte forma:

Grupo 1 - 1 gramas de bicarbonato e 80 mL de vinagre
Grupo 2 - 4 gramas de bicarbonato e 70 mL de vinagre
Grupo 3 - 7 gramas de bicarbonato e 60 mL de vinagre
Grupo 4 - 10 gramas de bicarbonato e 50 mL de vinagre
Grupo 5 - 13 gramas de bicarbonato e 40 mL de vinagre
Grupo 6 - 16 gramas de bicarbonato e 30 mL de vinagre
Grupo 7 - 19 gramas de bicarbonato e 20 mL de vinagre
Grupo 8 - 22 gramas de bicarbonato e 10 mL de vinagre

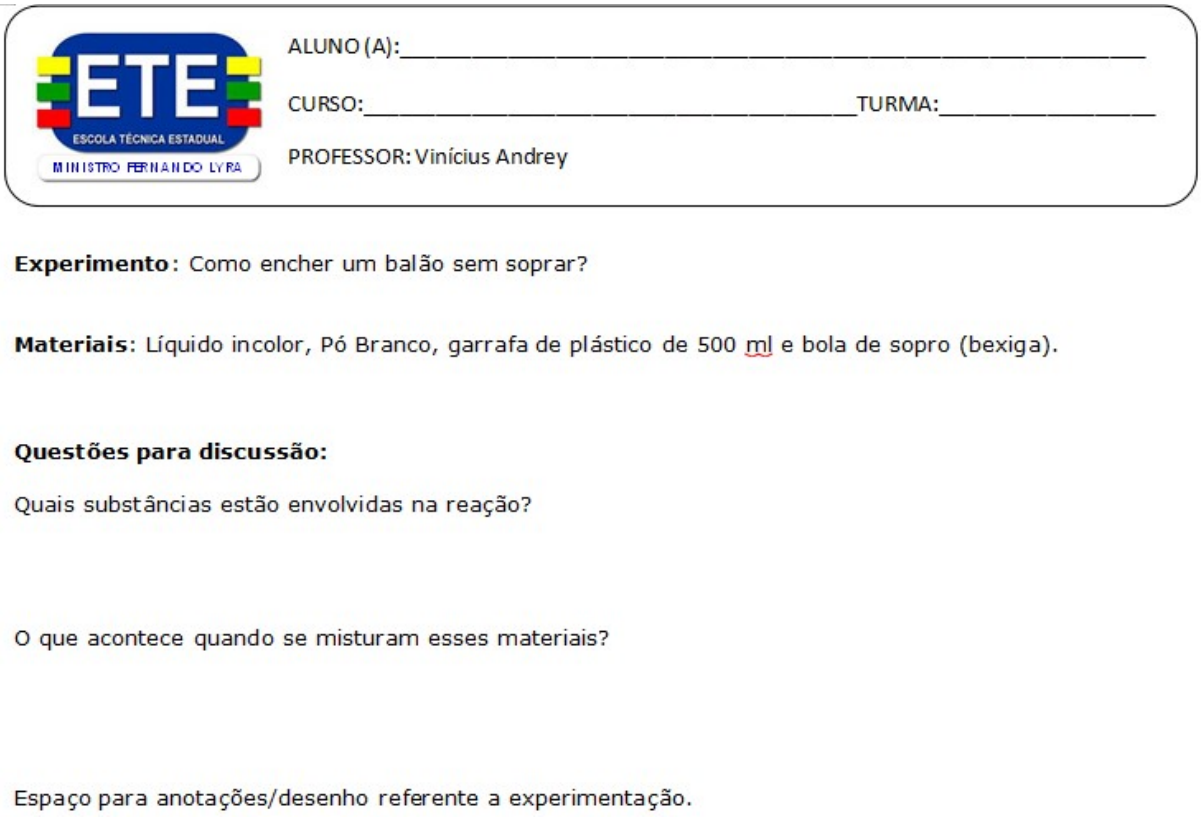
Os alunos serão instruídos a colocarem os reagentes para interagir entre si em um recipiente fechado, de forma que a parte sólida da reação seja colocada em uma bexiga e depois derramada no líquido. Posteriormente cada grupo irá debater internamente suas hipóteses sobre a reação para uma discussão posterior com toda a turma. Em seguida, cada grupo irá se apresentar para toda a turma mostrando o resultado do seu experimento, revelando as quantidades que receberam e as suas observações sobre o experimento. A hipótese para essa etapa é que os alunos consigam perceber que em determinadas quantidades diferentes uma substância pode reagir por completo ou sobrar, fazendo uma associação a reagente limitante e em excesso.

O questionário possui um espaço onde os participantes poderiam fazer anotações diversas e desenhos referentes a experimentação. Além das seguintes perguntas:

1º) Quais substâncias estão envolvidas na reação?

2º) O que acontece quando se misturam esses materiais?

Ainda no 1º momento haverá debate sobre os grupos participantes e quais as hipóteses para que as bexigas não tivessem enchidas todas da mesma forma, já que os participantes das reações eram os mesmos.



ETE
ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL
MINISTRO FERNANDO LYRA

ALUNO (A):_____

CURSO:_____TURMA:_____

PROFESSOR: Vinícius Andrey

Experimento: Como encher um balão sem soprar?

Materiais: Líquido incolor, Pó Branco, garrafa de plástico de 500 ml e bola de sopro (bexiga).

Questões para discussão:

Quais substâncias estão envolvidas na reação?

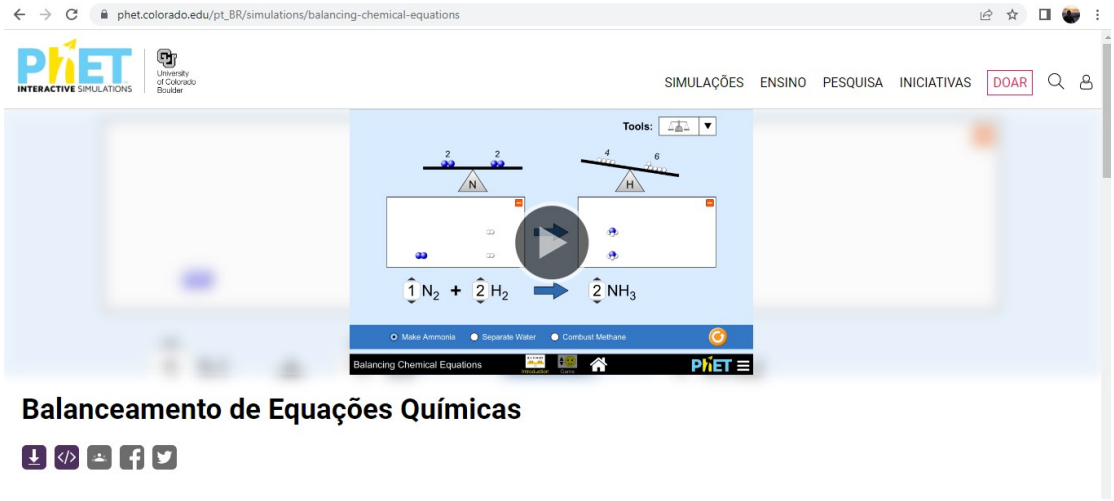
O que acontece quando se misturam esses materiais?

Espaço para anotações/desenho referente a experimentação.

- 2º momento:

No 2º encontro os alunos serão levados ao laboratório de informática para que eles utilizem a plataforma *Phet Colorado* e por meio do auxílio do professor e do modelo computacional compreendam como ocorre o balanceamento de reações.

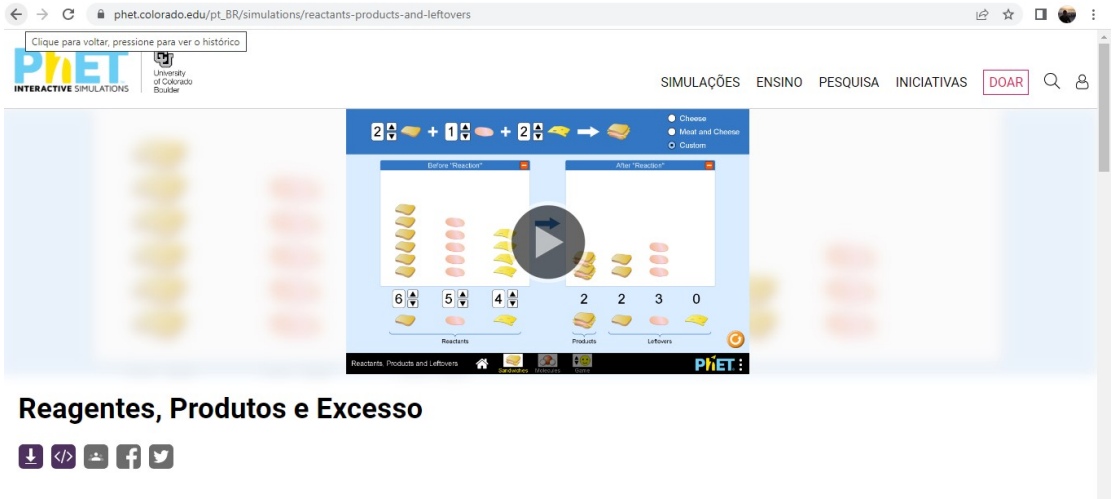
Figura 1: Simulação para o balanceamento de equações químicas



Fonte: PhET Colorado, disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/balancing-chemical-equations/latest/balancing-chemical-equations_all.html?locale=pt_BR

Em seguida, utilizando a mesma plataforma, os alunos utilizarão a simulação Reagente, Produtos e Excesso, com a hipótese que consigam fazer a relação entre o reagente limitante e o reagente em excesso vivenciado na experimentação realizada na 1ª etapa e com isso consigam determinar quem foi o reagente limitante e o reagente em excesso do experimento realizado pelo seu grupo.

Figura 2: Simulação para Reagentes, Produtos e Excesso



Fonte: PhET Colorado, disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/balancing-chemical-equations/latest/balancing-chemical-equations_all.html?locale=pt_BR

- 3º momento:

No 3º encontro os alunos serão apresentados a exercícios do ENEM e de vestibulares que envolvam o balanceamento de reações e também os cálculos estequiométricos. Os exercícios não serão de múltipla escolha, pois é necessário compreender o passo a passo realizado pelo aluno até chegar a uma possível resposta. Nesse momento os alunos terão o tempo para resolver as questões e entregar ao professor para uma posterior cor

ETE ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL MINISTRO FERNANDO LYRA

ALUNO (A):_____

CURSO:_____TURMA:_____

PROFESSOR: Vinícius Andrey

1º) (ENEM 2015 PPL) Os calcários são materiais compostos por carbonato de cálcio, que podem atuar como sorventes do dióxido de enxofre (SO_2), um importante poluente atmosférico. As reações envolvidas no processo são a ativação do calcário, por meio de calcinação, e a fixação do SO_2 com a formação de um sal de cálcio, como ilustrado pelas equações químicas simplificadas.

$$CaCO_3 \xrightarrow{calor} CaO + CO_2$$

$$CaO + SO_2 + \frac{1}{2} O_2 \longrightarrow \text{Sal de cálcio}$$

Considerando-se as reações envolvidas nesse processo de dessulfurização, a fórmula química do sal de cálcio corresponde a:

2º) (ENEM 2022 PPL) Um marceneiro esqueceu um pacote de pregos ao relento, expostos à umidade do ar e à chuva. Com isso, os pregos de ferro, que tinham a massa de 5,6 g cada, acabaram cobertos por uma camada espessa de ferrugem ($Fe_2O_3 \cdot H_2O$), uma substância marrom insolúvel, produto da oxidação do ferro metálico, que ocorre segundo a equação química:

$$2\ Fe_{(s)} + 3/2\ O_{2(g)} + H_2O_{(l)} \rightarrow Fe_2O_3 \cdot H_2O_{(s)}$$

Considere as massas molares (g/mol): H = 1; O = 16; Fe = 56.

Qual foi a massa de ferrugem produzida ao se oxidar a metade (50%) de um prego?

3º) (ENEM 2021 PPL - Adaptada) A obtenção de etanol utilizando a cana-de-açúcar envolve a fermentação dos monossacarídeos formadores da sacarose contida no melaço. Um desses formadores é a glicose ($C_6H_{12}O_6$), cuja fermentação produz cerca de 50 g de etanol a partir de 100 g de glicose, conforme a equação química descrita.

$$C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{Fermentação alcoólica}} 2\ CH_3CH_2OH + 2\ CO_2$$

Em uma condição específica de fermentação, obtém-se 80% de conversão em etanol. O melaço utilizado apresentou 50 kg de monossacarídeos na forma de glicose.

A massa de etanol, em quilos, obtida nesse processo é mais próxima de:

4º) (ENEM 2018 PPL) Objetos de prata sofrem escurecimento devido à sua reação com enxofre. Estes materiais recuperam seu brilho característico quando envoltos por papel alumínio e mergulhados em um recipiente contendo água quente e sal de cozinha.

A reação não balanceada que ocorre é:

$Ag_2S\ (s) + Al\ (s) \rightarrow Al_2S_3\ (s) + Ag\ (s)$

Dados da massa molar dos elementos (g mol^{-1}): Ag = 108; S = 32.

UCKO, D. A. **Química para as ciências da saúde**: uma introdução à química geral, orgânica e biológica. São Paulo: Manole, 1995 (adaptado).

Utilizando o processo descrito, a massa de prata metálica que será regenerada na superfície de um objeto que contém 2,48 g de Ag_2S é