



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA - UESB
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MESTRADO PROFISSIONAL
EM QUÍMICA EM REDE NACIONAL – PROFQUI/UESB**

CARLOS ALBERTO MIRANDA DUPLAT JUNIOR

**O ENSINO DE GASES: UMA ABORDAGEM PAUTADA NOS TRÊS
NÍVEIS DE CONHECIMENTO QUÍMICO PROPOSTO POR
JOHNSTONE**

JEQUIÉ-BA
DEZEMBRO/2024

CARLOS ALBERTO MIRANDA DUPLAT JUNIOR

**O ENSINO DE GASES: UMA ABORDAGEM PAUTADA NOS TRÊS
NÍVEIS DE CONHECIMENTO QUÍMICO PROPOSTO POR
JOHNSTONE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Profissional em Química da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Química.

Orientador: Prof. Dr. Jeferson Chagas do Nascimento

JEQUIÉ-BA
DEZEMBRO/2024

D935e Duplat Junior, Carlos Alberto Miranda.

O ensino de gases: uma abordagem pautada nos três níveis de conhecimento químico proposto por Johnstone / Carlos Alberto Miranda Duplat Junior.- Jequié, 2024.
81f.

(Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Profissional em Química da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, sob orientação do Prof. Dr. Jeferson Chagas do Nascimento)

1.Experimentação 2.Gases 3.Níveis de conhecimento químico
4.Johnstone I.Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia II.Título

CDD – 540



Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB
Recredenciada pelo Decreto Estadual
Nº 16.825, de 04.07.2016

TERMO DE APROVAÇÃO

CARLOS ALBERTO MIRANDA DUPLAT JUNIOR

“O ENSINO DE GASES: UMA ABORDAGEM PAUTADA NOS TRÊS NÍVEIS DE CONHECIMENTO QUÍMICO PROPOSTO POR JOHNSTONE”.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Química.

COMISSÃO EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
gov.br JEFERSON CHAGAS DO NASCIMENTO
Data: 18/12/2024 14:45:38-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Jeferson Chagas do Nascimento - Orientador

Documento assinado digitalmente
gov.br FABIO SANTOS DE OLIVEIRA
Data: 18/12/2024 15:52:47-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Fábio Santos de Oliveira – Avaliador

Prof. Dr. Rodrigo Veiga Tenório de Albuquerque – Avaliador

Documento assinado digitalmente
gov.br RODRIGO VEIGA TENORIO DE ALBUQUERQUE
Data: 18/12/2024 21:05:11-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dissertação aprovada pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (*ad referendum*) em 13/12/2024.

DEDICATÓRIA

À minha esposa, Bruna Sena Duplat, pelo amor, companheirismo e por ser minha fortaleza em cada passo desta jornada.

Aos meus filhos, Melissa Duplat, Heitor Duplat e Hannah Duplat, que são minha maior inspiração e razão para acreditar em um futuro melhor.

Aos meus pais, pela educação, apoio incondicional e pelos valores que sempre me guiaram.

E a todos os que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste sonho.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, pela saúde, força e sabedoria que me permitiram concluir esta etapa tão significativa da minha vida acadêmica.

À minha esposa, Bruna Sena Duplat, pelo amor, paciência e apoio incondicional ao longo de toda esta jornada. Suas palavras de incentivo foram meu alicerce nos momentos de dificuldade.

Aos meus filhos, Melissa Duplat, Heitor Duplat e Hannah Duplat, que são minha maior inspiração. Cada sorriso e demonstração de carinho renovaram minhas energias para continuar.

Aos meus pais, pelo exemplo de resiliência e pela educação que me proporcionaram, fundamentais para que eu chegasse até aqui.

Ao meu orientador, Jeferson Chagas, por sua orientação, paciência e valiosos ensinamentos. Seu comprometimento e dedicação foram cruciais para que este trabalho se tornasse realidade.

Às minhas colegas de turma, Márcia Teixeira e Darlene Santos, por toda parceria e apoio durante essa caminhada. A troca de ideias, experiências e palavras de incentivo foi essencial para enfrentar os desafios dessa etapa.

À instituição UESB – Campus Jequié e aos professores do programa de pós-graduação, pela formação de excelência, suporte e oportunidades de crescimento acadêmico.

A todos os amigos (em especial Paulo Castro) e familiares que, direta ou indiretamente, contribuíram para esta conquista, meu muito obrigado. Cada gesto, palavra ou atitude teve um impacto significativo e será sempre lembrado com gratidão.

Há tanto para aprender, há tanto para ensinar.

Humberto Gessinger

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Triângulo de Jonhstone	19
FIGURA 2: Ilustrações sobre o pneu cheio e vazio	35
FIGURA 3: Ilustrações sobre aquecimento de um pneu	37
FIGURA 4: Vídeo sobre Transformação Isovolumétrica	40
FIGURA 5: Vídeo sobre Transformação Isobárica	40
FIGURA 6: Vídeo sobre Transformação Isotérmica	41
FIGURA 7: Alunos realizando atividade Experimental	43
FIGURA 8: Alunos respondendo questionário Experimental	44
FIGURA 9: Resposta da Relação Volume e Pressão do Aluno 49	46
FIGURA 10: Resposta da Relação Volume e Pressão do Aluno 32	47
FIGURA 11: Resposta da Relação Temperatura e Volume do Aluno 32	48
FIGURA 12: Resposta da Relação Temperatura e Volume do Aluno 15	49
FIGURA 13: Resposta da Relação Temperatura e Volume do Aluno 38	50
FIGURA 14: Simulador Gas Properties	52
FIGURA 15: Resposta do Aluno 32 após o uso do Simulador	53
FIGURA 16: Resposta do Aluno 38 após o uso do Simulador	54
7: Representação dos Alunos de uma bexiga em aquecimento após o uso do Simulador	

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1: Adequação das Respostas sobre Compreensão do Gás

33

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

PCNEM: Parâmetros Curriculares Nacionais

TIC: Tecnologias da Informação e Comunicação

INEP: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira

MEC: Ministério da Educação

BNCC: Base Nacional Comum Curricular

O Ensino de Gases: Uma abordagem pautada nos três níveis de conhecimentos químico proposto por Johnstone

Autor: Carlos Alberto Miranda Duplat Junior

Orientador: Jeferson Chagas do Nascimento

RESUMO

Este projeto constituiu-se em uma pesquisa qualitativa sobre a integração de aulas dialogadas, experimentação e utilização de TIC's como recurso metodológico para favorecer a aprendizagem de conteúdos da Química. A partir da temática do estudo dos gases e considerando-se a importância dos estímulos visuais na aprendizagem da química, verifica-se que de forma geral o ensino tem sido pautado na preponderância de um nível de conhecimento químico simbólico e macroscópico em detrimento ao nível microscópico. Portanto, buscou-se com este projeto, propor uma abordagem de ensino dos gases que se fundamente sob a égide dos três níveis de conhecimento químico proposto por Alex Johnstone (simbólico, macroscópico e microscópico) e a associação entre eles. O estudo foi desenvolvido em quatro etapas: levantamento de concepções prévias acerca do tema gases para verificar em que medida o conhecimento dos discentes aproxima-se daqueles aceitos pela comunidade científica, utilização de aulas dialogadas sobre a teoria cinética dos gases para desenvolvimento do nível simbólico, utilização de experimentos sobre as variáveis de estados com o intuito de promover o conhecimento no nível macroscópico e por fim utilização do simulador Gas Properties de autoria da Phet Interactive Simulations com o intuito de favorecer a aprendizagem a nível microscópico. As atividades foram aplicadas aos discentes de duas turmas do segundo ano do curso integrado em informática do Instituto Federal da Bahia – Campus Euclides da Cunha. A pesquisa revelou avanços significativos nos alunos, especialmente no que se refere à capacidade de transitar entre os três níveis de conhecimento químico (macroscópico, submicroscópico e simbólico). Ao término deste trabalho elaborou-se uma sequência didática que contribuirá com o ensino da temática gases associado aos três níveis de conhecimento químico.

Palavras-chave: experimentação. gases. níveis de conhecimento químico. johnstone

O Ensino de Gases: Uma abordagem pautada nos três níveis de conhecimentos químico proposto por Johnstone

Autor: Carlos Alberto Miranda Duplat Junior

Orientador: Jeferson Chagas do Nascimento

ABSTRACT

This project consists of qualitative research on the integration of dialogued classes, experimentation and use of ICTs as a methodological resource to promote the learning of Chemistry. From the theme of the study of gases and considering the importance of visual stimuli in learning chemistry, it appears that in general, teaching has been based on the preponderance of a symbolic and macroscopic level of chemical knowledge to the detriment of the microscopic level. Therefore, with this project, try to propose an approach to teaching gases that is fundamentally based on the security of the three levels of chemical knowledge proposed by Alex Johnstone (symbolic, macroscopic and microscopic) and the association between them. The study was developed in four stages: survey of previous conceptions on the topic of gases to verify to what extent the students' knowledge comes close to that accepted by the scientific community, use of dialogued classes on the kinetic theory of gases to develop the symbolic level, use of experiments on state variations with the aim of promoting knowledge at the macroscopic level and finally use of the Gas Properties simulator authored by Phet Interactive Simulations with the aim of promoting learning at the microscopic level. The activities were applied to students from two second-year classes of the integrated computer science course at the Federal Institute of Bahia – Euclides da Cunha Campus. At the end of this work, a didactic sequence was created that contributes to teaching the topic of gases associated with the three levels of chemical knowledge.

Keywords: experimentation. gases. chemical knowledge levels. johnstone

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	08
2 REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1 O ENSINO DA QUÍMICA	11
2.2 O MODELO DE JOHNSTONE E OS NÍVEIS DE REPRESENTAÇÃO DO CONHECIMENTO QUÍMICO	13
2.3 DIFICULDADES PARA A UTILIZAÇÃO DOS TRÊS NÍVEIS DE REPRESENTAÇÃO DO CONHECIMENTO QUÍMICO	17
2.4 FERRAMENTAS DE INTEGRAÇÃO ENTRE OS APORTES TEÓRICOS DE JOHNSTONE	19
3 PERCURSO METODOLÓGICO	22
3.1 ABORDAGEM	22
3.2 CAMPO E PARTICIPANTES DA PESQUISA	23
3.3 INSTRUMENTOS DE COLETA	24
3.4 SEQUÊNCIA DIDÁTICA A SER APLICADA	25
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
4.1 CONCEPÇÕES PRÉVIAS	30
4.2 AULAS DIALOGAS	39
4.3 ATIVIDADE EXPERIMENTAL	43
4.4 ATIVIDADE DO SIMULADOR	52
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	59
REFERÊNCIAS	62
ANEXOS	67
APÊNDICES	69

1 INTRODUÇÃO

Grande parte das conexões que se estabelece com o mundo se dá a partir do sentido da visão. Ao realizar a leitura de um texto, ao observar uma imagem ou mesmo um objeto, os olhos permitem a assimilação de novos conhecimentos.

É por isso que os estímulos visuais são tão importantes em sala de aula. Porque além de despertar a curiosidade e o interesse, vai também auxiliar em uma melhor retenção das informações visto que quando um aluno visualiza as informações, ele passa a ficar mais ativo neste processo de aprendizagem e isso potencializa a aquisição de conhecimento.

O conhecimento químico se constitui em sistemas formais interpretados, lidando com desafios importantes no que tange a compreensão de seus conceitos. Os modelos teóricos, constituídos por um corpo de enunciados, adquirem conteúdo ao serem associados, indiretamente, a aspectos observáveis da realidade exterior, ou seja, sua interpretação conduz a um modelo teórico que tem a pretensão de ser a própria representação mental (teórica e interna) dessa realidade (Adúriz-Bravo e Galagovsky, 1997).

Apesar de diversos trabalhos apontarem que a aprendizagem da química é mais eficiente quando os três níveis de conhecimento - macroscópico, microscópico e simbólico - são utilizados de forma integrada (JOHNSTONE, 2000; FERREIRA; JUSTI, 2008), verifica-se uma tendência em muitas salas de aula de priorizar a compreensão no nível simbólico em detrimento dos outros dois níveis. Isso provoca um desequilíbrio na percepção dos estudantes e mesmo aqueles que alcançam uma compreensão satisfatória dos conceitos possuem extrema dificuldade em relacionar esses conhecimentos aos níveis macroscópico e microscópico.

A falta de compreensão é, na maior parte das vezes, resultado da ausência de recursos que possibilitem aos alunos visualizar e compreender as representações e os fenômenos que ocorrem no nível microscópico (WARTHA; REZENDE, 2016). A carência de materiais e também de estratégias didáticas que facilitem essa visualização contribui significativamente para que os estudantes enfrentem dificuldades na construção de uma compreensão completa dos conceitos químicos (DRIVER et al., 1999; GUIMARÃES, 2009).

Desta forma, faz-se necessário o desenvolvimento e a implementação de recursos didáticos que abordem de forma mais equilibrada os três níveis de

conhecimento, proporcionando aos estudantes oportunidades significativas de explorar e compreender a química em sua totalidade (JUSTI; GILBERT, 2002; JOHNSTONE, 1993). Isso não apenas ajudará a superar as dificuldades de associação entre os diferentes níveis de conhecimento, mas também promoverá uma aprendizagem mais profunda e significativa da química (SANTOS; MORTIMER, 2002).

O Plano Curricular Nacional do Ensino Médio (PCNEM) inclusive adverte que o ensino de Química “tem se reduzido à transmissão de informações, definições e leis isoladas, sem qualquer relação com a vida do educando, exigindo deste quase sempre a pura memorização, restrita a baixos níveis cognitivos (MARCONE; ALVES, [s.d.] apud BRASIL, 1999, p. 67)

De acordo com Miranda e Costa (2007 apud PAZ; PACHECO, 2010, p.2):

Na maioria das escolas tem-se dado maior ênfase à transmissão de conteúdos e à memorização de fatos, símbolos, nomes, fórmulas, deixando de lado a construção do conhecimento científico dos alunos e a desvinculação entre o conhecimento químico e o cotidiano. Essa prática tem influenciado negativamente na aprendizagem dos alunos, uma vez que não conseguem perceber a relação entre aquilo que estuda na sala de aula, a natureza e a sua própria vida.

Quando se considera o ensino de gases, por exemplo percebe-se que nos atuais materiais didáticos e nas práticas docentes o quanto o nível simbólico é explorado. Enuncia-se a teoria cinética molecular dos gases, verifica -se as variáveis de estado e sobretudo aplica-se matematicamente os comportamentos dos gases ao sofrerem uma transformação e representa-se graficamente tais mudanças.

O nível macroscópico também é explorado dentro desta temática. Comumente, a partir de experimentações, altera-se as variáveis de estado e analisa-se o comportamento dos gases buscando em geral corroborar com aqueles modelos matemáticos previamente explorados.

Já a exploração do nível microscópico, quando ocorre, resume-se a inserção de pequenas bolinhas dentro de um recipiente desconectado totalmente dos outros dois níveis de aprendizagem (simbólico e macroscópico). Observando-se essa lacuna existente no ensino de química em que o nível microscópico não é explorado ou não relacionado com os demais surge a indagação: como favorecer a compreensão do nível microscópico associado aos fenômenos observáveis e as representações simbólicas dentro da temática dos gases?

As tecnologias já estão inseridas em todos os setores da nossa sociedade, visto que permitem aprimorar o que já é realizado. Ou seja, o uso de recursos tecnológicos potencializa práticas cotidianas. Dessa forma, essas tecnologias também estão presentes na área da educação, sendo importante compreender como seu uso pode contribuir para a melhoria das práticas em sala de aula.

Uma das formas possíveis de inserção do uso de tecnologias digitais no ensino de química é permitir a visualização de representações do mundo micro e, portanto, permitir a real utilização dos três níveis de conhecimento químico.

Este projeto propôs uma abordagem de ensino pautada nos três níveis de conhecimento químico proposto por Johnstone, tendo o estudo dos Gases como tema norteador. O objetivo desta pesquisa foi a construção, aplicação e análise de uma sequência didática que possibilitou uma compreensão microscópica dos fenômenos articulando com os outros dois níveis de conhecimento químico.

Para alcançar tal objetivo investigou-se as concepções prévias dos alunos sobre o estado gasoso e em que medida os modelos construídos pelos alunos, referentes ao estado gasoso, aproximam-se ou não daqueles aceitos pela comunidade científica, desenvolveu-se o nível simbólico através das aulas dialogadas, utilizou-se a experimentação como recurso didático para desenvolver nos discentes o interesse pela temática, desenvolver o espírito de investigação e favorecer a compreensão dos fenômenos observáveis, avaliou-se o uso de simuladores como recurso didático para promover a compreensão do modelo de partículas e a influência das variáveis de estado nas transformações gasosas e por fim elaborou-se uma sequência didática (APÊNDICE 1) visando contribuir com uma melhor aprendizagem dos alunos sobre a temática gases.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O ENSINO DA QUÍMICA

O início da Química no Brasil foi a criação da Academia Científica do Rio de Janeiro em 1772 pelo Vice-rei Marquês de Lavradio (Filgueiras, 1988). No século XIX, Dom Pedro II foi de suma importância ao desenvolvimento científico e econômico do Brasil, pois em 1837 o Colégio Dom Pedro II instituiu a ciências em sua grade curricular, entretanto o estudo das ciências pautava-se no processo reflexivo distanciando-se do cotidiano dos alunos.

A disciplina de ciências que ainda estava se difundindo pelo Brasil se tornou essencial e procurada quando o seu conteúdo foi incluso nos exames para a entrada em cursos superiores. Após a Proclamação da República em 1889 e o fim da soberania do Imperador Dom Pedro II, fez-se necessário uma nova reforma educacional no país, pois o ensino ainda era elitista.

No início do século XX, foi documentada a Reforma Benjamin Constant como o primeiro passo da República na tentativa de difundir o ensino da Química no país.

Dessa forma, através das grandes transformações da segunda revolução industrial, em 1934 é fundada a primeira Universidade de Pesquisa do Brasil, a Universidade de São Paulo (USP) e o primeiro Departamento de Química da USP, liderado pelo alemão Heinrich Rheinboldt. O grande diferencial desse marco foi que o curso tinha como objetivo a formação de pesquisadores e não meros químicos que apenas reproduziriam práticas ou memorizavam conteúdo. (LIMA, 2013)

Seguindo no progresso e reformas na educação, em 1996 a Lei de Diretrizes e Bases nº 9.394 buscava unificar a educação no ensino médio e tinha como principal meta desenvolver uma educação contextualizada com o cotidiano do discente, ou seja, enfatizar que os ensinamentos em sala de aula estão interligados à quase tudo da vida do aluno e não tratando a educação como uma mera memorização de conteúdo.

Ou seja, as demandas emergenciais para a educação básica de modo geral e a formação de professores de química mais especificamente, é um tema amplamente debatido na atualidade, constituindo um dos principais desafios a serem enfrentados ao longo do século XXI no que concerne à educação. Atualmente, a disciplina de Química é inclusa na grade curricular no início do ensino médio nas escolas públicas.

Até o fim do ensino fundamental, a Química é parte inclusa na disciplina de ciências, junto com biologia e física.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (1999, p.66) descrevem “que (...) os conhecimentos difundidos no ensino de química permitem a construção de uma visão de mundo mais articulada e menos fragmentada, contribuindo para que o indivíduo se veja como participante de um mundo em constante transformação”

É preciso formar alunos críticos no papel de cidadãos, para que possam interferir no dia a dia, a fim de melhorarem a qualidade de vida. Já Santos & Schnetzler (1997:47), afirmam quando discutem a importância do Ensino de Química para formar o cidadão, que:

“(...) é necessário que os cidadãos conheçam como utilizar as substâncias no seu dia a dia, bem como se posicionarem criticamente com relação aos efeitos ambientais da utilização da química e quanto às decisões referentes aos investimentos nessa área, a fim de buscar soluções para os problemas sociais que podem ser resolvidos com a ajuda do seu desenvolvimento”.

Por isso, acredita-se que os alunos poderão entender o mundo de uma maneira mais clara e atuante, sendo participantes do processo da vida, interagindo nas decisões impostas pela sociedade. Por isso, os Parâmetros Curriculares Nacionais (1999, p.68), afirmam que “(...) utilizando-se a vivência dos alunos e os fatos do dia a dia, a tradição cultural, a mídia e a vida escolar, busca-se reconstruir os conhecimentos químicos que permitiriam refazer essas leituras de mundo, agora com fundamentação também na ciência”.

NUNES e ADORNI, 2010 observa que os alunos, muitas vezes, não conseguem aprender, não são capazes de associar o conteúdo estudado com seu cotidiano, tornando-se desinteressados pelo tema, indica, sobretudo que este ensino está sendo feito de forma descontextualizada e não interdisciplinar.

Verifica-se a necessidade de falar em educação química, priorizando o processo ensino-aprendizagem de forma contextualizada, ligando o ensino aos acontecimentos do cotidiano do aluno, para que estes possam perceber a importância socioeconômica da Química, numa sociedade avançada, no sentido tecnológico (TREVISAN e MARTINS, 2006).

Segundo levantamento realizado pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) e divulgado em 30 de janeiro de 2018

pelo Ministério da Educação (MEC), 38,7% dos professores que atuam na disciplina de Química na educação básica não possuem formação em Química (licenciatura ou bacharelado com formação pedagógica). Apesar de existir um número expressivo de profissionais habilitados na área de química para atuar como professor na disciplina, ainda existe cerca de 40% de professores que ministram aulas de química, formados em outra graduação, sem possuírem complementação pedagógica na área e muitos, até mesmo, sem formação no ensino superior. (SCHRAM, et al. 2019)

Ruiz e colaboradores (2007) relatam no Conselho Nacional de Educação que a falta de professores licenciados acontece devido à demanda de professores não estar sendo suprida, isto é, as universidades não formam em quantidade suficiente para preencher as inúmeras vagas de professores existentes pelo país.

Diante disso notamos a necessidade de falar em educação química, onde a prioridade seja o processo ensino-aprendizagem de forma contextualizada, ligando o ensino aos acontecimentos do cotidiano do aluno, para que estes possam perceber a importância socioeconômica da química, numa sociedade avançada, no sentido tecnológico (TREVISAN e MARTINS, 2006).

2.2 O MODELO DE JOHNSTONE E OS NÍVEIS DE REPRESENTAÇÃO DO CONHECIMENTO QUÍMICO

Johnstone (1982), foi um dos primeiros autores a propor um modelo buscando explicar os níveis de representação do conhecimento químico em seu artigo “Macro and micro-chemistry”, no qual propõe descrever os diferentes níveis de conhecimento na área da Química, buscando oferecer uma visão mais abrangente e integrada do conhecimento químico, descreve que essa Ciência pode ser visualizada em pelo menos três níveis, que seriam: (1) descritivo e funcional, (2) atômico e molecular, e (3) representacional.

O primeiro é a parte observável da Química, podendo ser descrita e mensurada a partir de propriedades como: densidade, inflamabilidade, cor, odor, dentre outras. Enquanto o segundo, se refere a como são explicados os fenômenos observados no macroscópico, sendo utilizados diversos conceitos, como os de átomos, íons, moléculas, polímeros e ligações químicas, para fornecer uma imagem mental, um modelo, de modo a se pensar e racionalizar o nível descritivo. E o último nível é a

forma com a qual os químicos buscam representar as substâncias e transformações por meio de símbolos e equações, utilizando a linguagem científica (JOHNSTONE, 1982).

Ao perceber incoerências em seu modelo, Johnstone (2009) fez uma reorganização dos três níveis por ele definidos em um triângulo. Além disso, foram feitas algumas modificações em seu modelo, renomeando os três níveis em: (1) macro e tangível, (2) molecular e invisível, (3) simbólico e matemático.

De acordo com Johnstone (1982), os químicos possuem uma habilidade natural para transitar entre os três níveis do conhecimento químico — macroscópico, simbólico e submicroscópico — de maneira fluida e quase automática, realizando o que ele descreve como uma verdadeira "ginástica mental". Essa competência, desenvolvida ao longo de anos de prática e estudo, permite que profissionais da química analisem fenômenos complexos sob diferentes perspectivas, conectando observações práticas, representações simbólicas e explicações teóricas com facilidade. No entanto, essa mesma habilidade que parece tão intuitiva para os químicos experientes pode se transformar em um obstáculo significativo para os estudantes que estão sendo introduzidos à disciplina.

Dentro da sala de aula, os alunos, ao se depararem com transformações químicas pela primeira vez, tendem a operar apenas no nível macroscópico ou descritivo/funcional. Esse é o nível em que eles observam diretamente os fenômenos, como mudanças de cor, liberação de gases ou formação de precipitados. Para eles, esses eventos são concretos e acessíveis, pois correspondem àquilo que podem perceber com seus sentidos. Entretanto, os professores, ao explicarem esses fenômenos, frequentemente combinam os três níveis de conhecimento químico: descrevem o que está acontecendo (nível macroscópico), representam simbolicamente os processos com equações e diagramas (nível simbólico) e introduzem conceitos submicroscópicos, como átomos, moléculas e interações químicas, para explicar as causas subjacentes (Johnstone, 1982; Mortimer & Amaral, 2014).

Essa discrepância entre a abordagem dos professores e a percepção inicial dos alunos cria um grande desafio no processo de ensino e aprendizagem. Enquanto os professores transitam livremente entre os níveis e integram as dimensões macroscópica, simbólica e submicroscópica em suas explicações, a maioria dos

estudantes ainda está tentando entender e interpretar os fenômenos a partir de uma única perspectiva. Isso pode levar a um descompasso no raciocínio, dificultando a compreensão dos conceitos e gerando frustração. Os alunos, ao não conseguirem acompanhar a "ginástica mental" do professor, podem sentir que o conteúdo é excessivamente abstrato ou desconectado da realidade que observam (Gilbert & Treagust, 2009).

Além disso, a complexidade aumenta à medida que o professor introduz conceitos simbólicos ou submicroscópicos sem uma mediação cuidadosa. Por exemplo, ao observar uma reação química como a formação de bolhas em um líquido, o aluno pode entender que há uma transformação ocorrendo, mas pode não conseguir correlacionar esse fenômeno visível com uma equação química que descreve a reação (nível simbólico) ou com a explicação molecular de como as partículas estão interagindo (nível submicroscópico). Essa lacuna cognitiva reflete a sobrecarga de informações e a falta de conexão inicial entre os níveis (Gilbert & Treagust, 2009).

Portanto, para superar esse desafio, é fundamental que os professores reconheçam a dificuldade dos estudantes em transitar livremente entre os três níveis e adotem estratégias pedagógicas que promovam uma construção gradual desse entendimento. Isso pode incluir começar pelas observações macroscópicas e, aos poucos, introduzir os conceitos simbólicos e submicroscópicos, sempre mostrando as conexões entre eles. Além disso, o uso de analogias, experimentos visuais e atividades práticas pode ajudar os alunos a internalizar melhor os conceitos, permitindo que desenvolvam, ao longo do tempo, a capacidade de realizar sua própria "ginástica mental" entre os níveis do conhecimento químico (Johnstone, 1993). Assim, o ensino se torna mais acessível e alinhado às necessidades cognitivas dos estudantes, facilitando uma aprendizagem mais significativa e integrada.

Para evitar a sobrecarga cognitiva que pode dificultar a aprendizagem de química, é essencial que os alunos consolidem, em sua memória de longo prazo, o conhecimento prévio necessário para estabelecer conexões sólidas com o novo conteúdo que será ensinado. Segundo os princípios de Johnstone, o aprendizado eficaz de química ocorre a partir da interação harmoniosa entre os três vértices do triângulo da química: o nível macroscópico, o nível simbólico e o nível submicroscópico. Cada vértice representa uma dimensão fundamental do conhecimento químico, e o deslocamento entre eles é indispensável para promover uma compreensão completa dos conceitos.

O nível macroscópico é aquele que os alunos experimentam diretamente, como observar mudanças de estado físico, reações químicas e propriedades de materiais no mundo real. Esse é o ponto de partida mais intuitivo para muitos estudantes, já que corresponde ao que podem ver, tocar e medir. Já o nível simbólico envolve o uso de linguagem química, como fórmulas, equações e diagramas, para representar os fenômenos observados. Por fim, o nível submicroscópico refere-se às explicações teóricas que acontecem em escala molecular ou atômica, proporcionando uma compreensão mais profunda dos fenômenos por meio de modelos e hipóteses sobre as partículas envolvidas.

Johnstone (2006) propõe que, ao ensinar química, é fundamental evitar sobrecarregar o estudante forçando-o a lidar simultaneamente com os três vértices do triângulo. Em vez disso, o professor pode optar por explorar inicialmente um vértice de cada vez, permitindo que o aluno desenvolva confiança e familiaridade com cada dimensão do conhecimento químico. Por exemplo, pode-se começar com observações macroscópicas de uma reação, como a liberação de gás em uma efervescência. Posteriormente, avança-se para a representação simbólica desse evento, utilizando equações químicas balanceadas, e, por fim, explora-se o aspecto submicroscópico, discutindo as interações entre íons ou moléculas que explicam o fenômeno.

Uma vez que o aluno tenha uma base sólida em cada vértice, é possível trabalhar as conexões entre eles, utilizando as arestas do triângulo. Isso significa mostrar como um fenômeno observado no mundo macroscópico pode ser representado simbolicamente e compreendido em nível submicroscópico. Essa abordagem gradual permite que o estudante integre as diferentes dimensões do conhecimento químico de maneira estruturada, reduzindo a possibilidade de frustração ou confusão durante o processo.

Finalmente, o objetivo central da abordagem de Johnstone é levar o estudante ao centro do triângulo da química. Esse ponto central representa a integração total dos três vértices, onde o aluno é capaz de correlacionar as observações do mundo real, suas representações simbólicas e as explicações teóricas subjacentes. Nesse estágio, o conhecimento químico se torna mais significativo e aplicável, permitindo que o aluno desenvolva habilidades críticas, como a resolução de problemas e a aplicação prática dos conceitos aprendidos. Por meio dessa abordagem progressiva e integrada, a aprendizagem de química torna-se mais acessível e eficaz, promovendo

não apenas a retenção de informações, mas também uma compreensão mais profunda e duradoura.

2.3 DIFICULDADES PARA A UTILIZAÇÃO DOS TRÊS NÍVEIS DE REPRESENTAÇÃO DO CONHECIMENTO QUÍMICO

A experimentação, frequentemente idealizada como a realização de aulas práticas no laboratório de química das escolas, é uma metodologia com enorme potencial educativo. No entanto, seu uso ainda é pouco frequente, devido à ausência de laboratórios devidamente equipados, incluindo materiais e reagentes essenciais para a execução de atividades experimentais. Silva (2011) destaca enfaticamente essa limitação estrutural como um obstáculo significativo para a implementação de práticas experimentais. Enquanto isso, Melo (2019) argumenta que Johnstone explicitou em seus trabalhos que as dificuldades no processo de ensino-aprendizagem da química também estão ligadas à falta de abordagens pedagógicas que conectem os três níveis do triângulo da química — macroscópico, simbólico e submicroscópico.

De acordo com Wartha (2011), ao revisitar as proposições de Johnstone, a prática de ensino de química nas escolas frequentemente concentra-se em apenas um ou dois vértices do triângulo, geralmente os níveis macroscópico e simbólico. Isso ocorre porque muitos professores, ao ensinar química, enfatizam observações visíveis e representações simbólicas, como fórmulas e equações, mas deixam de explorar com profundidade o nível submicroscópico. Como consequência, os alunos acabam baseando seus entendimentos em aspectos visuais e representacionais, sem acessar plenamente as explicações teóricas sobre as interações moleculares e atômicas que fundamentam os fenômenos químicos. Essa lacuna limita sua capacidade de compreender conceitos mais abstratos, necessários para avançar no aprendizado.

Um dos grandes desafios do ensino de química está relacionado à dificuldade que os professores enfrentam em ajudar os alunos a transitar entre os níveis propostos por Johnstone (1982, 2006, 2009), Mortimer et al. (2000), Gilbert & Treagust (2009), entre outros pesquisadores. Para que os alunos desenvolvam uma compreensão completa dos fenômenos químicos, é fundamental que eles sejam conduzidos de forma gradual pelos três níveis do triângulo, estabelecendo conexões significativas entre as observações macroscópicas, as representações simbólicas e as explicações submicroscópicas. Porém, essa tarefa exige uma abordagem

pedagógica cuidadosa e estruturada, algo que frequentemente é comprometido por diversos fatores.

Entre esses fatores, destaca-se o despreparo de professores que assumem as aulas de química sem formação específica na área. Esses profissionais enfrentam dificuldades tanto na transposição do conteúdo quanto na implementação de estratégias pedagógicas adequadas. A ausência de uma formação pedagógica específica contribui para um ensino centrado na memorização e na reprodução de conceitos, em vez de promover uma aprendizagem significativa que integre os níveis do conhecimento químico (SILVA, 2011; MELO; SILVA, 2019). Essa carência de formação reflete diretamente na dificuldade de proporcionar aos alunos a experiência necessária para compreender a relação entre os fenômenos observados, suas representações e explicações teóricas (SILVA, 2011; MELO; SILVA, 2019).

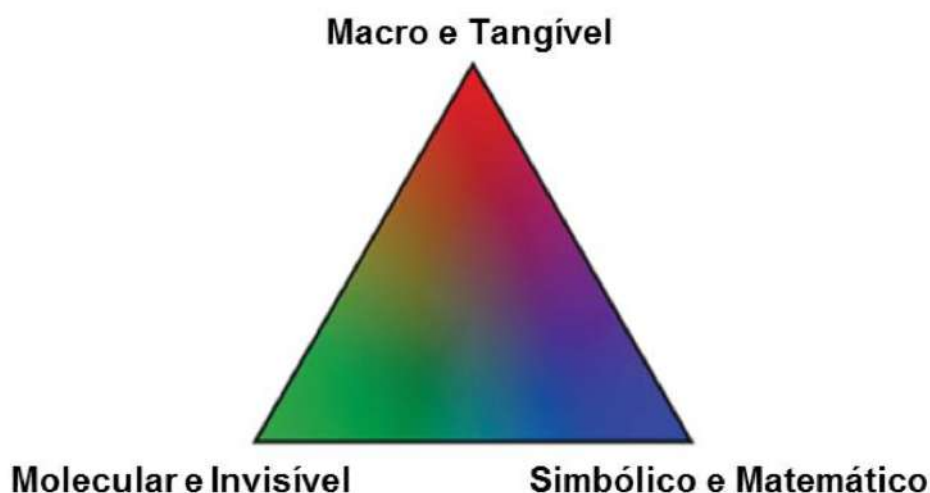
Por outro lado, a ausência de recursos estruturais adequados, como laboratórios bem equipados, também limita as possibilidades de ensino experimental, que é uma ferramenta valiosa para introduzir os três níveis do triângulo de Johnstone. A experimentação permite que os alunos observem fenômenos no nível macroscópico, interpretem seus significados com base em representações simbólicas e, eventualmente, compreendam as interações submicroscópicas que explicam esses eventos. No entanto, sem o suporte técnico e financeiro necessário, muitos professores acabam restringindo suas aulas a abordagens expositivas, que nem sempre envolvem os três níveis de forma integrada.

Assim, para superar os desafios do ensino de química, é essencial que os professores sejam capacitados tanto em conteúdos específicos quanto em estratégias pedagógicas que incentivem o trânsito pelos três níveis do triângulo. Além disso, é necessário investir em infraestrutura escolar e na valorização da experimentação como método de ensino, mesmo utilizando recursos alternativos quando os laboratórios tradicionais não estão disponíveis. Por meio dessas ações, será possível promover um ensino mais completo e eficaz, permitindo que os alunos desenvolvam uma compreensão profunda e integrada dos conceitos químicos.

2.4 FERRAMENTAS DE INTEGRAÇÃO ENTRE OS APORTES TEÓRICOS DE JOHNSTONE

Valorizar o ensino de Química sob a perspectiva dos níveis de representação propostos por Johnstone significa adotar estratégias pedagógicas que destaquem a interação entre os níveis macroscópico, submicroscópico e simbólico. Essa abordagem promove um ensino que vai além da simples observação de fenômenos, incentivando a compreensão integrada e aprofundada dos conceitos químicos.

FIGURA 1: Triângulo de Johnstone



Fonte: adaptado Johnstone 2009

Apesar de a Química ser reconhecida como uma ciência experimental, é importante ressaltar que a observação de um fenômeno isoladamente não é suficiente para que os estudantes elaborem explicações consistentes. Como enfatizam Rocha e Cavicchioli (2005), os alunos frequentemente enfrentam dificuldades em compreender os aspectos submicroscópicos da Química, indicando a necessidade de estratégias que conectem os níveis de representação para facilitar a interpretação dos conteúdos.

Conforme Limberger (2016), em uma perspectiva dedutivista-racionalista, a observação científica não é neutra. Ela é fortemente influenciada pelos conhecimentos prévios e pelos pressupostos teóricos do observador. Isso significa que, no contexto do ensino de Química, não se pode esperar que os estudantes formulem teorias ou compreendam fenômenos apenas com base no que enxergam a olho nu. Toda observação está fundamentada em teorias que orientam sua interpretação, e, no caso da Química, essas teorias frequentemente estão associadas ao comportamento microscópico da matéria. No entanto, os alunos tendem a basear suas explicações nos níveis macroscópicos, observando alterações visíveis, como mudanças de cor,

formação de precipitados ou liberação de gases, sem compreenderem plenamente os processos submicroscópicos que os originam (SILVA, 2008).

Essa dificuldade de conexão entre os níveis de representação pode ser atenuada por meio da experimentação. Santos e Schnetzler (1996) destacam que a experimentação é essencial no ensino de Química, pois legitima o caráter investigativo da ciência e desperta o interesse dos alunos. De maneira similar, Romanelli e Justi (1997) argumentam que atividades experimentais têm o potencial de estimular a curiosidade dos estudantes ao conectar conceitos científicos a fenômenos cotidianos. Oliveira et al.,(2011) corroboram essa visão, observando que aulas práticas são geralmente mais atrativas e motivadoras do que aulas puramente teóricas. Essas atividades práticas permitem que os estudantes visualizem fenômenos químicos de maneira direta, facilitando a compreensão do nível macroscópico e despertando o interesse para explorar os níveis simbólicos e submicroscópicos.

Dois fatores importantes emergem nesse processo. Primeiro, a visualização de fenômenos químicos a olho nu facilita o aprendizado, permitindo que os estudantes estabeleçam conexões com o nível macroscópico. Segundo a motivação gerada pela experimentação prática promove um engajamento mais profundo, comprometendo os estudantes com sua própria aprendizagem. Além disso, quando os alunos participam ativamente de atividades que envolvem a construção e a reformulação de modelos, eles desenvolvem um conhecimento mais flexível e crítico, que pode ser aplicado em diferentes contextos. Clement (2000) aponta que essas atividades ajudam a superar a mera memorização de fatos, incentivando a formulação de explicações fundamentadas e a aplicação prática do conhecimento.

No entanto, é fundamental lembrar que os modelos utilizados no ensino de Química são representações simplificadas e idealizadas da realidade, e não uma reprodução exata dos fenômenos. Como observam Ferreira e Justi (2008), um modelo é apenas uma forma de representar um objeto de estudo, baseada em interpretações pessoais e em abstrações teóricas. Assim, os professores devem esclarecer aos estudantes que os modelos não são verdades absolutas, mas ferramentas úteis para compreender e explorar os fenômenos químicos.

Outro ponto relevante é a diversidade de nomenclaturas utilizadas para descrever os níveis de representação química. Gilbert & Treagust (2009) identificaram pelo menos dez terminologias diferentes, como "macroscópico", "macro", "macro e

tangível", "microscópico", "micro", "submicro" e "simbólico" ou "representacional". Essa falta de consenso pode gerar ambiguidades, especialmente no uso dos termos "micro" ou "microscópico", que podem levar os alunos a acreditarem que é possível observar diretamente o nível submicroscópico com o auxílio de microscópios. Esses autores alertam para a necessidade de clareza terminológica no ensino, a fim de evitar mal-entendidos que dificultem o aprendizado.

Portanto, valorizar o ensino de Química por meio dos níveis de representação exige mais do que a implementação de práticas experimentais. É necessário integrar as dimensões macroscópica, simbólica e submicroscópica de maneira intencional e estruturada, promovendo a transição gradual entre os níveis e proporcionando aos estudantes as ferramentas teóricas e práticas para interpretar os fenômenos químicos de maneira abrangente. Ao adotar essa abordagem, o ensino de Química pode se tornar mais efetivo, motivador e alinhado às necessidades dos estudantes, contribuindo para uma formação científica mais sólida e significativa.

3 PERCURSO METODOLÓGICO

Nesta seção, discutiremos a metodologia adotada para a pesquisa em questão. Inicialmente, apresentaremos as principais características da abordagem metodológica, os participantes envolvidos e os cenários em que o estudo será conduzido. Além disso, descreveremos em detalhes a elaboração da sequência didática, que foi desenvolvida com o objetivo de ensinar o tema gases por meio da utilização dos níveis de conhecimento químico proposto por Jonhstone. Também forneceremos uma descrição das atividades realizadas pelos alunos, destacando como eles construíram suas respostas e argumentações com base nas atividades propostas.

3.1 ABORDAGEM

Considerando que a realidade não é imutável e, portanto, o indivíduo é capaz de construir uma determinada realidade a partir de suas experiências definiu-se por uma postura interpretativa. Segundo Denzin e Lincoln (2006), a pesquisa qualitativa envolve uma abordagem interpretativa do mundo, o que significa que seus pesquisadores estudam as coisas em seus cenários naturais, de forma a tentar compreender os fenômenos em termos dos significados que as pessoas a eles conferem. Assim, a escolha para a utilização de uma abordagem qualitativa deve-se a natureza da pesquisa que buscará associar a compreensão e aprofundar-se na percepção que os discentes possuem acerca dos fenômenos microscópicos.

A pesquisa qualitativa caracteriza-se pela análise dos processos sociais que ocorrem dentro de um determinado microgrupo com o intuito de promover intervenções dentro daquela realidade. Desta forma, a abordagem qualitativa não se apresenta como uma proposta rigidamente estruturada. A imaginação e a criatividade permitem ao investigador a proposição de novos enfoques (GODOY, 1995).

Portanto, a pesquisa qualitativa funciona quando se faz necessário a utilização do investigador como instrumento fundamental para a coleta de dados de forma a analisar de maneira descritiva e indutiva os dados obtidos a partir destes instrumentos de maneira a intervir na realidade dos investigados.

Considerando que este trabalho teve como objetivo promover a integração dos três níveis de conhecimento químico, utilizando recursos de tecnologia da informação

e comunicação para auxiliar na compreensão do mundo microscópico, optou-se pela realização de uma pesquisa de natureza interventiva.

Segundo Teixeira (2017) a pesquisa de natureza interventiva é uma modalidade de investigação útil para gerar conhecimentos, práticas alternativas/inovadoras e processos colaborativos. Damiani (2013) considera que a pesquisa de intervenção está destinada a produzir avanços, melhorias, nos processos de aprendizagem dos sujeitos que delas participam.

Conforme Teixeira (2017), as pesquisas interventivas subdividem-se em: pesquisa-ação, pesquisa experimental, pesquisa & desenvolvimento, pesquisa sobre a própria prática e a pesquisa de aplicação. Considerando as características deste trabalho em que o próprio investigador é o responsável por delimitar as características e objetos da pesquisa, além de propor-se a contribuir na geração de conhecimento para aplicação prática e imediata a opção que norteará este trabalho será a pesquisa de aplicação. Assim, define-se que a pesquisa de aplicação são:

investigações baseadas em projetos nas quais as prioridades de investigação são definidas integralmente pelos pesquisadores. Envolvem o planejamento, a aplicação (execução) e a análise de dados sobre o processo desenvolvido, em geral, tentando delimitar limites e possibilidades daquilo que é testado ou desenvolvido na intervenção. Os processos são fundamentados em teorias ou outros referenciais do campo específico de estudo. Os objetivos não estão necessariamente voltados para a transformação de uma realidade, mas sim, amiúde, dar contribuições para a geração de conhecimentos e práticas, envolvendo tanto a formação de professores, quanto questões mais diretamente relacionadas aos processos de ensino e aprendizagem, como a testagem de princípios pedagógicos e curriculares (interdisciplinaridade, contextualização, transversalidade, avaliação etc.) e recursos didáticos. (Teixeira, 2017 p.1068)

Desta forma a opção por este tipo de metodologia deve-se pela possibilidade de testar ideias e recursos didáticos sempre fundamentadas em teorias, que buscará potencializar a aprendizagem dos discentes acerca dos conhecimentos químicos.

3.2 CAMPO E PARTICIPANTES DA PESQUISA

Esta pesquisa foi desenvolvida durante o ano letivo de 2023 no Instituto Federal da Bahia – Campus Euclides da Cunha em duas turmas do segundo ano do ensino médio integrado em informática. A escolha da instituição para implementação da pesquisa teve como critério principal a disponibilidade do próprio pesquisador, professor de Química na escola onde a pesquisa será realizada.

A instituição oferta atualmente cursos técnicos em informática e edificações na modalidade subsequente e curso técnico em informática na modalidade integrada. Além disso há a oferta de especialização *latos sensu* em matemática e em ciências.

O campus possui em sua estrutura física doze salas de aulas climatizadas, sete laboratórios (entre os quais de química, física e biologia), ginásio poliesportivo, sala de musculação, biblioteca, cantina e refeitório, auditório com capacidade para 250 pessoas e está totalmente adaptado a acessibilidade com rampas de acesso, piso tátil, banheiros adaptados e sinalizações em braile.

Considerando a localização geográfica do campus que se situa no Km 220 da BR-116 no município de Euclides da Cunha, a instituição possui discentes da própria sede da cidade, mas também de povoados e outras cidades próximas como Monte Santo, Tucano e Quijingue. Por não dispor de transporte próprio e a não existência de um sistema público de transporte municipal e intermunicipal, a instituição fica à mercê dos transportes escolares destas localidades o que afeta em geral o horário de início e término das aulas.

A modalidade de ensino das turmas que fizeram parte da pesquisa denomina-se integrada em informática que dispõe em sua matriz curricular as disciplinas do núcleo básico (propedêuticas), as do núcleo politécnico e as disciplinas do núcleo tecnológico.

Desta forma, a disciplina de Química conta apenas com 160h de carga horária total nesta matriz curricular divididas igualmente nas duas primeiras séries do ensino. Deve-se considerar que além da baixa carga horária do componente Química os alunos da 2ª série cumpriram uma exaustiva carga horária semanal de 40h distribuídas em dezessete componentes curriculares entre as disciplinas dos três núcleos. O ano letivo de 2023 iniciou-se em 25 de abril de 2023 e inicialmente findaria em março de 2024. Entretanto pela enorme dependência de transporte da prefeitura das cidades da região que atrasou o reinício do ano letivo e associado a greve que iniciou em 03 de abril deste ano e ocasionou a suspensão do calendário letivo, o ano letivo de 2023 findou em abril de 2024.

Cabe ressaltar que esta pesquisa, por envolver seres humanos, foi submetida ao Comitê de Ética da UESB, sendo aprovada em 1º de abril de 2024. Os participantes da pesquisa ou seus responsáveis legais (no caso de menores de idade) assinaram o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido, enquanto os responsáveis assinaram o

Termo de Consentimento Livre, além do termo de permissão para divulgação de imagens.

3.3 INSTRUMENTOS DE COLETA

A coleta de dados é um processo fundamental dentro de uma pesquisa. Desta forma, é essencial uma escolha criteriosa e coerente dos instrumentos que serão utilizados para a realização da obtenção de dados durante uma pesquisa visto que a continuidade desta pesquisa dependerá dos resultados obtidos. Tendo em vista o caráter qualitativo desta pesquisa, se faz necessário a utilização de instrumento de coleta de dados que contemplem este tipo de abordagem.

A necessidade de obtenção de dados mais significativos nos fará optar pelo uso de questionários aberto. Marconi e Lakatos (2003) considera que o questionário é “um instrumento de coleta de dados, constituído por uma série ordenada de perguntas, que devem ser respondidas por escrito e sem a presença do entrevistador”. Apesar de tal definição ser coerente visto a possibilidade de o pesquisador influenciar os entrevistados, esses questionários serão aplicados na presença do próprio pesquisador devido a dinâmica de sala de aula exigir a presença do professor.

Como todo instrumento de coleta, existem vantagens e desvantagens em sua utilização. Conforme Marconi e Lakatos (2003), dentre as principais vantagens por esse método de coleta de dados destaca-se a impessoalidade do instrumento, uniformidade na avaliação e obtenção de respostas mais precisas. Entretanto a falta de auxílio quando uma questão for incompreendida, o desconhecimento das circunstâncias em que foram respondidas e a exclusão de pessoas analfabetas são fatores considerados desvantagens na utilização dos questionários.

3.4 SEQUÊNCIA DIDÁTICA APLICADA (APÊNDICE 1)

3.4.1 ETAPA 1

A primeira etapa do projeto consistiu no levantamento das concepções prévias dos discentes acerca da temática gases. Foi utilizado um breve texto (ANEXO 1) para nortear os alunos e um questionário aberto (APÊNDICE 2) em que eles deveriam demonstrar suas compreensões acerca da referida temática.

Essas concepções fazem parte de um sistema de representações construído de forma idiossincrática apresentando coerência nas suas explicações do mundo, a despeito das explicações e demonstrações irrefutáveis do professor (BLANCH; JARDIM; GRIGOLI, 2001).

Na BNCC, na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias para o Ensino Médio, o estudo dos gases ideais está inserido à temática Matéria e Energia.

“Em Matéria e Energia, no Ensino Médio, diversificam-se as situações problema, referidas nas competências específicas e nas habilidades, incluindo-se aquelas que permitem a aplicação de modelos com maior nível de abstração e que buscam explicar, analisar e prever os efeitos das interações e relações entre matéria e energia (por exemplo, analisar matrizes energéticas ou realizar previsões sobre a condutibilidade elétrica e térmica de materiais, sobre o comportamento dos elétrons frente à absorção de energia luminosa, sobre o comportamento dos gases frente a alterações de pressão ou temperatura, ou ainda sobre as consequências de emissões radioativas no ambiente e na saúde)” (BRASIL, 2018, p. 549).

Portanto, os estudos dos gases se enquadram na competência específica 1, que visa analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e/ou global (BRASIL, 2018).

O uso desse recurso de contextualização é de suma importância, pois tudo que está ao seu redor pode ser utilizado como ferramenta de aprendizagem através de transformações da natureza, às ações do homem e aos avanços tecnológicos e científicos propondo que o aluno questione tudo que está a sua volta e, assim, aconteça uma maior interação no ambiente de sala de aula. Além disso, é importante destacar que nesse processo o professor deixa de apresentar a característica “detentor do conhecimento” para tornar-se um orientador e mediador do processo de aprendizagem. Fato este que também pode acarretar resistências por parte dos alunos que estão acostumados com estratégias mais expositivas.

3.4.2 ETAPA 2

Com o intuito de estimular a curiosidade e a interação dos alunos, é extremamente importante o alinhamento entre prática a ser trabalhada com os conceitos teóricos, como defendido por Guimarães (2009). Ele ressalta que, no contexto escolar, toda observação de um experimento possui uma fundamentação teórica e destaca a importância da intervenção do professor durante a análise dos

resultados, atuando como mediador para despertar o interesse e a curiosidade dos alunos pelo fenômeno observado.

Na segunda etapa do projeto, foram conduzidas uma série de aulas dialogadas com o intuito de apresentar aos alunos a teoria cinética dos gases e as variáveis de estado. Essas aulas além de expor o conhecimento teórico, buscou também estimular a reflexão e a compreensão mais profunda dos conceitos que foram trabalhados. O diálogo em sala de aula permitiu que os alunos participassem de forma ativa na construção do conhecimento. Assim com o levantamento de questões e buscando fazer conexões com situações do cotidiano, possibilitou uma construção coletiva para a compreensão dos conteúdos estudados.

Para reforçar o estudo das transformações gasosas, houve a elaboração de três vídeo aulas (Transformação Isotérmica, Transformação Isobárica e Transformação Isovolumétrica) que foram disponibilizadas no Youtube no Canal Química Elementar (APÊNDICE 3) de propriedade deste pesquisador.

3.4.3 ETAPA 3

A terceira etapa do projeto consistiu na realização de atividades experimentais – demonstrativas e de manipulação – com o intuito de permitir aos discentes a manipulação das variáveis de estado e o comportamento dos gases frente a essa manipulação. Nesta etapa os discentes receberam um roteiro de estudos (APÊNDICE 4) para nortear a realização desta atividade e verificar o nível e tipo de compreensão química dos discentes.

A abordagem de realizar uma conexão entre a prática experimental e os fundamentos teóricos além de fortalecer o aprendizado dos estudantes, busca promover uma visão mais integrada e contextualizada do conhecimento científico. Desta forma, ao perceberem a aplicação prática dos conceitos teóricos, os alunos são incentivados a explorar e a realizar questionamentos, desenvolvendo assim uma postura investigativa e crítica diante dos fenômenos estudados. Essa associação entre teoria e prática contribui significativamente para o desenvolvimento do pensamento científico e para o engajamento dos alunos no processo de aprendizagem.

De acordo com Soares (2004, p.12):

É importante que se sugira novos experimentos para serem aplicados em salas de aula, como forma de diversificar a atuação docente, mas

deve-se lembrar de que quando se sugere experimentos de baixo custo, de fácil e rápida execução, que servem para auxiliar e ajudar o professor que não conta com material didático, não podemos esquecer que o nosso papel é cobrar das autoridades competentes, laboratórios e instalações adequadas bem como materiais didáticos, livros, entre outros, para que se tenha o mínimo necessário para que se desenvolva a prática docente de qualidade. (SOARES, 2004, p. 12).

De acordo com Lewin e Lomascólo (1998):

A situação de formular hipóteses, preparar experiências, realizá-las, recolher dados, analisar resultados, quer dizer, encarar trabalhos de laboratório como 'projetos de investigação', favorece fortemente a motivação dos estudantes, fazendo-os adquirir atitudes tais como a curiosidade, desejo de experimentar, acostumar-se a duvidar de certas informações, a confrontar resultados, a obterem profundas mudanças conceituais, metodológicas e atitudinais. (LEWIN, e LOMASCÓLO, 1998, p. 148).

Nesse momento, o professor possui um papel de valorizar as mais variadas formas de pensamento do indivíduo, propiciando a integração entre o prático e o teórico, avançando em direção à compreensão e construção de explicações para os fenômenos. Driver et al. destaca que:

Para que os aprendizes tenham acesso aos sistemas de conhecimento da ciência, o processo de construção do conhecimento tem que ultrapassar a investigação empírica pessoal. Quem aprende precisa ter acesso não apenas às experiências físicas, mas também aos conceitos e modelos da ciência convencional. O desafio está em ajudar os aprendizes a se apropriarem desses modelos, a reconhecerem seus domínios de aplicabilidade e, dentro desses domínios, a serem capazes de usá-los. Se ensinar é levar os estudantes às ideias convencionais da ciência, então, a intervenção do professor é essencial, tanto para fornecer evidências experimentais apropriadas como para disponibilizar para os alunos as ferramentas e convenções culturais da comunidade científica (DRIVER et. al., 1999, p. 34).

Ainda dentro da perspectiva do processo de aprendizagem, George Kelly afirma que:

O processo de aprendizagem (a construção da realidade) é um processo individual, cativo, criativo, emocional e racional. Cabe ao aprendiz a responsabilidade da sua aprendizagem. Cabe ao professor proporcionar oportunidades para que os alunos aprendam (KELLY, 1955 apud THOMAZ, 2010, p. 361).

Portanto, para produzir aprendizagens significativas, é necessário que o professor este avalie o que o aluno já sabe e então ensine de acordo com esses conhecimentos. Esta passa a ocorrer quando o aluno percebe a importância do conceito a ser aprendido e sua relação com o que ele já sabe (MOREIRA, 2003).

3.4.4 ETAPA 4 E APLICAÇÃO

A quarta e última etapa de aplicação do projeto foi a utilização do simulador Gas Properties produzido pela Phet Colorado (ANEXO 2). Assim os alunos foram convidados a confrontar suas ideias acerca do comportamento microscópico dos gases frente a manipulação das variáveis de estado. Como as demais etapas, uma atividade (APÊNDICE 5) será utilizada com o intuito de analisar se após a implantação destas atividades houve uma melhora na compreensão química dos discentes acerca da temática gases abrangendo os três níveis de conhecimento químico.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo, será apresentado os resultados detalhados obtidos a partir da análise dos dados coletados ao longo do desenvolvimento da sequência didática. Também será realizado as discussões relevantes sobre esses resultados em relação às respostas obtidas durante a aplicação das atividades e os contextos nas quais elas foram realizadas.

Os dados analisados abrangem uma variedade de aspectos, desde o desempenho geral dos alunos até as nuances das respostas individuais em cada atividade. Essa análise nos permitiu identificar padrões, tendências e áreas de dificuldade ou sucesso dos alunos em relação ao trabalho realizado.

Ao discutir os resultados, buscou-se não apenas descrever os dados encontrados, mas também interpretá-los à luz dos objetivos e da proposta pedagógica da sequência didática. Buscamos destacar as conexões existentes entre os resultados obtidos e os conceitos debatidos em sala de aula e os impactos desses resultados no processo de ensino-aprendizagem.

Além disso, enfatizou-se a importância de considerar o contexto da realidade de cada aluno, visto que as suas experiências prévias e seus diferentes ritmos de aprendizagem podem interferir em suas respostas. Isso possibilitou ter uma compreensão mais abrangente e empática dos resultados, levando a identificação de estratégias de intervenção e melhoria contínua do processo de ensino-aprendizagem.

Por meio desta análise e discussão, buscamos contribuir para uma reflexão crítica sobre o quão eficiente é esta sequência didática, bem como suas potencialidades e limitações. Assim será possível o aprimoramento constante das práticas pedagógicas e do acompanhamento do aprendizado dos alunos.

4.1 CONCEPÇÕES PRÉVIAS

As concepções prévias dos alunos foram analisadas por meio de um questionário aberto (APÊNDICE 2), o qual explorava as propriedades dos gases e incluía perguntas sobre a calibração de pneus de automóveis. Este questionário foi distribuído e respondido por duas turmas, totalizando 60 alunos matriculados. No entanto, é importante ressaltar que, no dia da aplicação do questionário, compareceram 49 estudantes. A identificação dos alunos foi realizada por números,

com base em uma listagem organizada em ordem alfabética, o que garantiu a privacidade das respostas e facilitou o trabalho de análise posterior. Essa abordagem sistemática permitiu não apenas uma análise mais precisa das respostas, mas também uma correlação direta entre as concepções prévias identificadas e as demais atividades realizadas ao longo desta pesquisa. Esse método foi essencial para mapear os conhecimentos prévios dos discentes e identificar padrões de entendimento ou possíveis lacunas no aprendizado inicial.

A aplicação do questionário foi acompanhada por uma breve orientação inicial, na qual foi enfatizado que a atividade tinha como objetivo compreender em que medida as concepções dos alunos estavam próximas ou distantes dos conhecimentos cientificamente aceitos. Foi esclarecido, ainda, que não se tratava de uma avaliação formal, mas sim de um instrumento diagnóstico que contribuiria para a organização das etapas subsequentes do ensino. Mesmo com essas orientações, foi perceptível que muitos alunos demonstraram inquietação durante a atividade. Com frequência, buscavam consultar o docente para verificar se suas respostas estavam corretas, evidenciando um padrão de dependência de validação externa que pode indicar insegurança em suas próprias concepções ou uma dificuldade em lidar com atividades que requerem maior autonomia cognitiva.

Outro aspecto relevante observado durante a aplicação do questionário foi a dificuldade relatada por muitos alunos em transcrever suas ideias de forma clara, tanto em palavras quanto em representações pictográficas. Essa dificuldade foi verbalizada por um número significativo de participantes, que expressaram preocupação em não conseguir registrar adequadamente seus pensamentos e interpretações. Isso sugere que há uma lacuna não apenas nos conhecimentos prévios dos estudantes, mas também em suas habilidades de comunicação científica. Essa limitação pode estar relacionada a fatores como a falta de familiaridade com os termos técnicos, o uso reduzido de representações simbólicas no cotidiano acadêmico ou ainda à pouca prática em atividades que requerem a transposição de ideias para registros gráficos e descritivos, conforme discutido por Johnstone (2003), que aborda as dificuldades dos alunos na compreensão de representações simbólicas no ensino de Química.

Essa dificuldade de comunicação, evidenciada tanto nas respostas escritas quanto nas representações pictográficas, revela a necessidade de estratégias pedagógicas que desenvolvam essas habilidades de forma mais integrada ao ensino de Ciências. A utilização de ferramentas como mapas conceituais, atividades que

incentivem a descrição detalhada de fenômenos e exercícios que combinem linguagem verbal e representações visuais podem ser uma solução eficaz para superar esses desafios. Essa abordagem pode ajudar os alunos a construir um repertório mais amplo e diversificado de recursos para expressar suas ideias, favorecendo tanto a compreensão quanto a comunicação de conceitos científicos.

Por fim, as inquietações e dificuldades observadas durante a aplicação do questionário também refletem a importância de práticas avaliativas que considerem o desenvolvimento emocional e cognitivo dos estudantes. Muitos alunos, por exemplo, parecem estar mais habituados a atividades que privilegiam respostas padronizadas, o que pode ter contribuído para sua hesitação frente a uma tarefa mais aberta e reflexiva. Isso reforça a relevância de incorporar ao planejamento pedagógico momentos de reflexão que incentivem os alunos a desenvolverem confiança em sua capacidade de construir conhecimento de forma independente, valorizando tanto suas experiências prévias quanto o processo de aprendizagem em si.

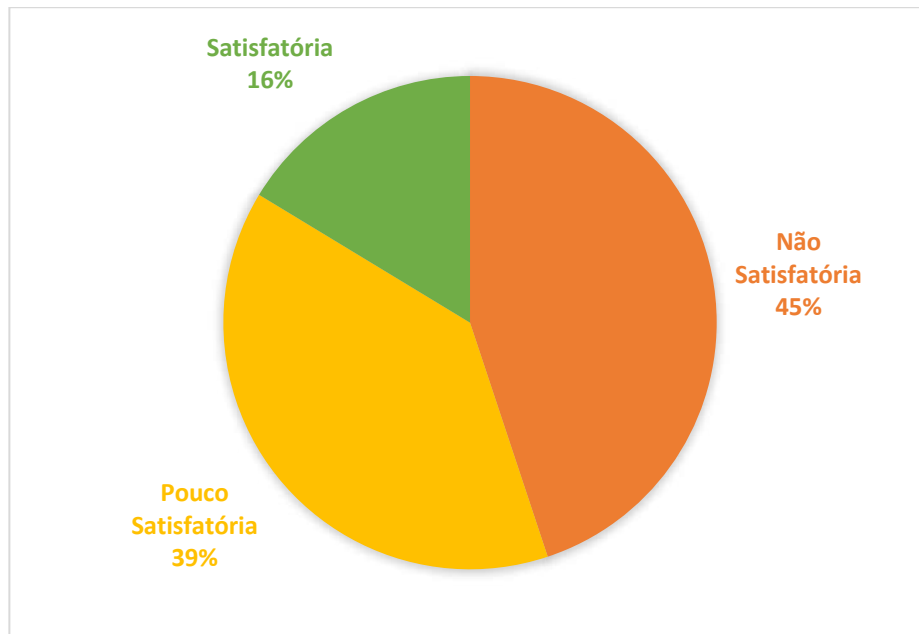
4.1.1 Descreva em poucas palavras, como você imagina que seja um gás?

Para a primeira pergunta do questionário, as respostas dos alunos foram avaliadas com base em critérios de correlação com os conhecimentos científicos acerca da temática. Assim as respostas que não apresentavam correlação com os conhecimentos científicos e/ou distanciavam-se da temática da pergunta, foi categorizada como não satisfatória. Incluiu-se também nesta categoria, aqueles alunos que optaram por não responder haja vista a incapacidade de realizar qualquer avaliação. As respostas que possuíam características que pudesse ser associada a um gás, sejam em termos de definição, comportamento ou propriedades foram categorizadas como satisfatória desde que não incorresse em erros conceituais. Decidiu-se também estabelecer uma terceira categoria denominada pouco satisfatória para aquelas respostas cujas expressões das informações tivessem ligações com definições e características dos gases, mas que incorriam em erros conceituais ou não eram claras e/ou coerentes.

A partir das respostas, criou-se o gráfico abaixo cuja análise revelou que a maior parte dos alunos (84%) não possuem um conhecimento adequado cientificamente sobre o que seria um gás. Dentre eles revela-se que 45% não conseguiu expressar em palavras sua concepção acerca do que seria um gás propondo uma resposta totalmente sem sentido a partir do que lhe foi perguntado ou

optando por não responder. Apenas 16% dos discentes conseguiram responder com certo grau de coerência científica.

GRÁFICO 1: Como você compreende que seja um gás?



Fonte: O Autor

Nesta pergunta, uma pequena parte dos alunos descreve os gases como sendo vento ou ar, demonstrando um conhecimento prévio bastante superficial a respeito do estudo dos gases.

Aluno 6: Um gás para mim é como se fosse o ar. Sabemos que ele existe, sentimos e respiramos ele mas não o vemos.

Aluno 47: Na minha opinião, o gás é o vento. Ele tem certa forma e não podemos vê.

Outro grupo de estudantes, demonstrou que compreendem os gases como um sistema homogêneo, sendo que a maioria os concebe como uma mistura de gases.

Aluno 2: Homogêneo. Uma mistura de várias substâncias.

Aluno 19: Eu imagino que gás seja uma mistura homogênea de substâncias químicas gasosas.

Houve também uma parte dos alunos que descreveu os gases como conjuntos de moléculas/partículas. Desses alunos, apenas dois citaram que as moléculas ou partículas dos gases estão em movimento.

Aluno 18: Partículas que se movimentam umas com as outras.

Aluno 24 : Um conjunto de moléculas

4.1.2 Represente, utilizando desenhos, um pneu vazio e outro cheio de ar.

Ao pedirem aos alunos para representarem um pneu vazio e um pneu cheio, observou-se uma variedade de respostas que refletem diferentes níveis de compreensão sobre o comportamento dos gases. A maior parte dos estudantes, 73%, desenhou o pneu vazio sem a presença de nenhuma partícula em seu interior, o que indica uma visão incorreta sobre a existência de moléculas de gás, mesmo quando a pressão é baixa. Outros 17% desenharam o pneu vazio com algumas partículas no interior, mas sem diferenciar o volume do pneu em comparação ao pneu cheio, o que mostra uma certa noção da presença de partículas, embora ainda sem compreensão da relação entre quantidade de gás e volume. Apenas 10% dos alunos conseguiram representar o pneu vazio com poucas partículas e um volume menor que o do pneu cheio, o que indica um entendimento mais avançado, reconhecendo que, ao esvaziar um pneu, há uma redução na quantidade de partículas de gás e, conseqüentemente, no volume ocupado por essas partículas.

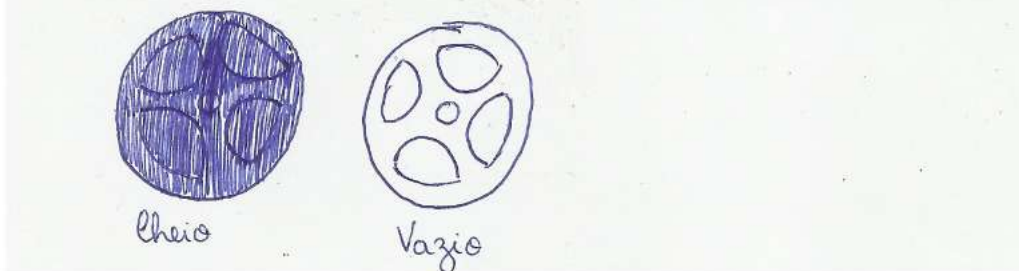
Quando analisamos as ilustrações feitas pelos alunos sobre o pneu cheio (FIGURA 2), também foram encontradas variações significativas na compreensão do comportamento dos gases. Um grupo de alunos, representando 17% da turma, desenhou o pneu cheio apenas de forma macroscópica, ou seja, mostrou o pneu inflado, mas não conseguiu representar as características microscópicas dos gases, como a presença de partículas ou moléculas no interior. Por outro lado, o equivalente a 37% dos alunos, representou o pneu cheio com o gás sendo mostrado de forma contínua, o que pode indicar uma visão menos precisa, sugerindo que os alunos imaginam o gás como um "fluido" sem partículas individuais. No entanto, a maior parte dos estudantes, 46% da turma, desenhou o pneu cheio com partículas, demonstrando uma compreensão mais clara do conceito de que os gases são compostos de moléculas que se movimentam livremente no interior do pneu. Esses resultados revelam diferentes níveis de entendimento sobre a teoria cinética dos gases, mostrando que uma parte significativa dos alunos ainda não compreende totalmente as características microscópicas dos gases.

FIGURA 2: Ilustrações sobre pneu cheio e vazio**Aluno 9:**

03) Represente, utilizando desenhos, um pneu vazio e outro cheio de ar .

**Aluno 8:**

03) Represente, utilizando desenhos, um pneu vazio e outro cheio de ar .

**Aluno 32:**

03) Represente, utilizando desenhos, um pneu vazio e outro cheio de ar .



Fonte: Alunos

Quando questionados sobre como a temperatura afeta um gás (FIGURA 3), observou-se que uma grande parte dos alunos (80%), não conseguiu estabelecer uma ligação entre a variação do volume de um gás e o aquecimento. Esses discentes não compreenderam que, ao aquecer um gás, seu volume tende a aumentar, de acordo com os princípios da teoria cinética dos gases. Poucos alunos, o que representa 13% do total, conseguiram destacar corretamente a expansão do volume do gás quando ele é aquecido. Esses estudantes mostraram um nível de entendimento mais apurado sobre o comportamento dos gases em diferentes condições de temperatura. No entanto, houve ainda alguns, que equivalem a 7%, que desenharam figuras sem sentido, ou seja, suas representações não se alinharam com

nenhum conceito claro ou relacionado ao fenômeno em questão, o que indica uma confusão completa sobre o tema.

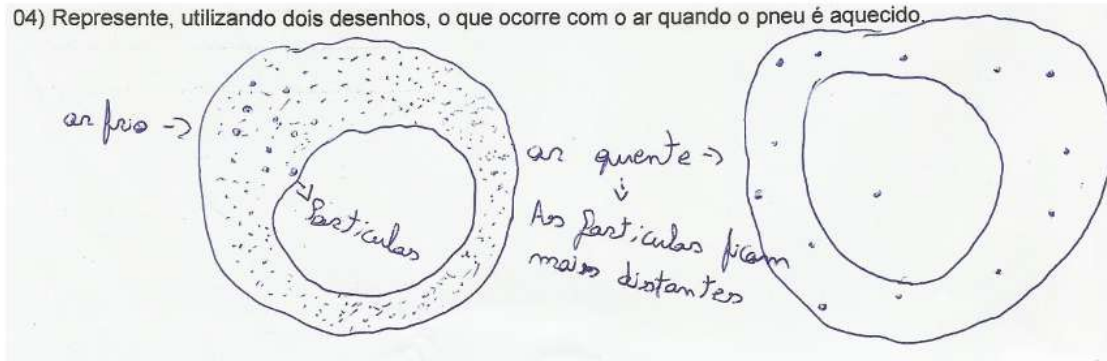
Para entender melhor as dificuldades enfrentadas pelos alunos que não conseguiram fazer a correlação entre o aquecimento e a variação de volume do gás, alguns deles foram entrevistados. O critério de seleção dos 5(cinco) alunos para a entrevista foi a disponibilidade de horários. Durante essas entrevistas, 3 dos estudantes apresentaram uma justificativa interessante: eles acreditavam que o pneu, por ser um objeto rígido, não sofreria deformação com o aquecimento. Isso revela que, embora eles possam ter algum entendimento sobre a rigidez dos materiais, houve uma falta de distinção entre o comportamento do material que compõe o pneu e o comportamento dos gases que estão dentro dele. Essa confusão entre as propriedades físicas do pneu e as do gás contido nele é um ponto que pode ser explorado para esclarecer a compreensão desses alunos.

Entre os 4 alunos que destacaram corretamente a expansão do volume com o aquecimento, observou-se uma particularidade curiosa: 2 deles representaram a expansão do gás como sendo causada por uma diminuição no número de partículas. Esse equívoco sugere que, embora esses alunos tenham percebido que o volume se altera com a temperatura, ainda não compreenderam a relação correta entre o número de partículas e o aumento de volume. Esse mal-entendido pode estar ligado a uma confusão entre a densidade das partículas e o espaço que elas ocupam ao se moverem mais rapidamente com o aumento da temperatura. Por fim, 30% da turma, representaram um aumento no número de partículas de gás com o aquecimento. Este é outro erro comum, que sugere que os estudantes podem ter pensado que, ao aquecer o gás, novas partículas seriam adicionadas ao sistema, quando na verdade o que ocorre é que as partículas já presentes se movem mais rapidamente, ocupando mais espaço e fazendo com que o volume aumente. Essas respostas revelam diversas camadas de incompreensão sobre o comportamento dos gases, indicando áreas onde um aprofundamento nos conceitos de física e química pode ajudar a corrigir essas concepções distorcidas.

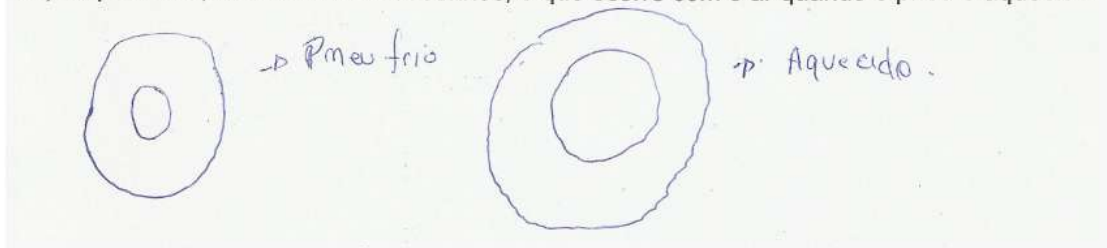
FIGURA 3: Ilustrações sobre aquecimento de um pneu

Aluno 11

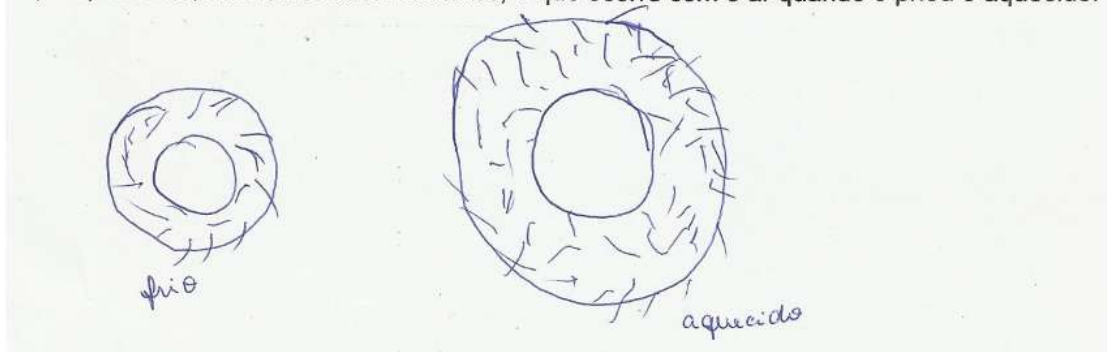
04) Represente, utilizando dois desenhos, o que ocorre com o ar quando o pneu é aquecido.

**Aluno 12**

04) Represente, utilizando dois desenhos, o que ocorre com o ar quando o pneu é aquecido.

**Aluno 13**

04) Represente, utilizando dois desenhos, o que ocorre com o ar quando o pneu é aquecido.



Fonte: Alunos

As concepções prévias demonstradas pelos alunos estão consideravelmente distantes das concepções aceitas pela comunidade científica, o que revela uma importante lacuna no entendimento dos conceitos fundamentais sobre o comportamento dos gases. Em muitos casos, os alunos não abordaram aspectos essenciais do conhecimento químico, especialmente no que diz respeito à compreensão microscópica dos gases. Eles não conseguiram identificar e explicar adequadamente fenômenos como o movimento contínuo e desordenado das moléculas, as interações entre elas e a relação entre fatores como pressão e volume, princípios que são cruciais para entender o comportamento dos gases sob diferentes

condições. Esses conceitos, amplamente aceitos na ciência, não apareceram de forma clara ou correta nas respostas dos estudantes.

Outro ponto crítico observado foi a dificuldade dos alunos em utilizar a linguagem científica de forma correta. Termos como átomos, íons e moléculas foram frequentemente empregados de maneira inadequada, evidenciando tanto a dificuldade em compreender os gases quanto em transitar pelo nível simbólico e submicroscópico do conhecimento químico. Essa imprecisão na utilização da terminologia científica reflete uma limitação na capacidade dos estudantes de relacionar fenômenos observáveis ao nível molecular. Como a linguagem científica é essencial para a comunicação clara e precisa de conceitos complexos, essa dificuldade representa um obstáculo significativo no processo de aprendizagem, prejudicando a compreensão dos fenômenos químicos e físicos.

A análise das concepções prévias dos alunos também foi enriquecida pelo uso da linguagem gráfica, associada à escrita. A utilização de desenhos foi uma ferramenta essencial para identificar e interpretar as concepções mentais dos estudantes. Como afirmam Souza e Cardoso (2009), o uso de representações gráficas, como desenhos, pode ser uma alternativa eficaz para aproximar os professores dos modelos mentais dos alunos, permitindo uma visão mais clara e fiel de suas ideias e concepções. Por meio dos desenhos, foi possível observar como os alunos representam os gases e seus comportamentos, fornecendo uma janela para suas compreensões internas que muitas vezes não são facilmente expressas apenas por meio de palavras. Essa combinação de imagens e escrita se mostrou uma forma poderosa de identificar concepções errôneas ou incompletas que podem ser corrigidas ao longo do processo educativo.

A partir das respostas e das representações dos alunos, ficou evidente a necessidade urgente de aprofundar o estudo sobre gases e suas propriedades em sala de aula. É necessário discutir de maneira mais detalhada as características tanto macroscópicas quanto microscópicas dos gases, para que os alunos possam entender como essas duas esferas de conhecimento se relacionam. Uma aula expositiva que aborde diretamente a relação entre a pressão, o volume, a temperatura e a quantidade de gás, juntamente com uma explicação clara sobre o movimento molecular e as interações que ocorrem a nível submicroscópico, seria de grande valor para corrigir as distorções existentes nas concepções prévias. Ao relacionar as propriedades visíveis e mensuráveis dos gases com suas características invisíveis, os

alunos podem desenvolver uma compreensão mais completa e precisa do comportamento dos gases. Isso os ajudaria a avançar para um entendimento mais profundo, alinhado com o conhecimento científico atual.

Dessa forma, a análise das concepções prévias dos estudantes evidenciou não só as dificuldades que enfrentam ao lidar com os conceitos microscópicos e macroscópicos dos gases, mas também a necessidade de aprimorar as estratégias de ensino. A incorporação de diferentes abordagens, como o uso de representações gráficas, linguagens científicas precisas e discussões mais aprofundadas sobre as propriedades dos gases, pode ser essencial para ajudar os alunos a superar essas dificuldades e alcançar um entendimento mais sólido e preciso.

4.2 AULAS DIALOGADAS

Após a aplicação das atividades iniciais, que revelaram as concepções prévias dos alunos sobre os gases, optou-se por uma abordagem de aula dialogada para promover uma maior compreensão sobre a teoria cinética dos gases, as variáveis de estado e as transformações gasosas. A escolha dessa metodologia partiu da necessidade de abordar os pontos de dificuldade identificados, como o entendimento das interações microscópicas entre moléculas e a relação entre pressão, volume e temperatura. Através do diálogo, os alunos tiveram a oportunidade de expressar suas dúvidas e explorar conceitos de maneira mais participativa, o que favoreceu a construção conjunta do conhecimento.

Durante essas aulas, os princípios da teoria cinética dos gases foram detalhadamente discutidos, com ênfase no movimento contínuo e aleatório das moléculas e na forma como esse movimento afeta propriedades macroscópicas, como pressão e volume. As variáveis de estado dos gases – pressão, volume, temperatura e quantidade de substância – foram explicadas, destacando a interdependência entre elas e suas implicações nas transformações gasosas. As leis de Boyle, Charles e Gay-Lussac foram exploradas, com exemplos práticos que conectaram o conteúdo ao cotidiano dos alunos.

Para auxiliar na compreensão dos conceitos mais desafiadores, como os cálculos matemáticos relacionados às transformações gasosas e a interpretação de gráficos, foram criados vídeos explicativos e disponibilizados no YouTube do professor denominado Química Elementar. Esses vídeos serviram como uma

ferramenta de apoio, permitindo que os alunos revisassem o conteúdo em casa e reforçassem sua aprendizagem. Os vídeos abordaram tanto os fundamentos teóricos quanto a aplicação de fórmulas matemáticas, focando também na interpretação de gráficos que relacionam as variáveis de estado. Ao incluir esses recursos visuais e auditivos, foi possível alcançar diferentes estilos de aprendizagem e oferecer um suporte contínuo fora do ambiente de sala de aula.

FIGURA 4: Vídeo sobre Transformação Isovolumétrica

The screenshot shows a YouTube interface with a search bar and a video player. The video content is a slide titled "TRANSFORMAÇÕES GASOSAS" with a sub-heading "TRANSFORMAÇÃO ISOVOLUMÉTRICA". The slide includes a definition: "Quando o volume de uma certa amostra de gás permanece constante, a variação da pressão é diretamente proporcional a variação da temperatura. K". It shows a process from Estado 1 to Estado 2 with constant volume (V₁ = 3L, V₂ = 3L) and increasing pressure (P₁ = 1atm, P₂ = 2atm) and temperature (T₁ = 100K, T₂ = 200K). A graph of Pressure (P in atm) vs. Temperature (T in Kelvin) shows a linear relationship. The mathematical formula is given as $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$.

Fonte: O Autor

FIGURA 5: Vídeo sobre Transformação Isobárica

The screenshot shows a YouTube interface with a search bar and a video player. The video content is a slide titled "TRANSFORMAÇÕES GASOSAS" with a sub-heading "TRANSFORMAÇÃO ISOBÁRICA". The slide includes a definition: "Quando a pressão de uma certa amostra de gás permanece constante, a variação do volume é diretamente proporcional a variação da temperatura. K". It shows a process from Estado 1 to Estado 2 with constant pressure (P₁ = 5atm, P₂ = 5atm) and increasing volume (V₁ = 1L, V₂ = 2L) and temperature (T₁ = 100K, T₂ = 200K). A graph of Volume (V in L) vs. Temperature (T in Kelvin) shows a linear relationship. The mathematical formula is given as $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$.

Fonte: O Autor

FIGURA 6: Vídeo sobre Transformação Isotérmica

The image shows a YouTube video player interface. The video content is a slide titled "TRANSFORMAÇÕES GASOSAS" with a sub-section "TRANSFORMAÇÃO ISOTÉRMICA". The slide explains that during an isothermal process, the temperature remains constant, and the pressure varies inversely proportionally to the volume. It shows a diagram of a gas sample in two states: Estado 1 (P₁ = 2 atm, V₁ = 3 L, T₁ = 300 K) and Estado 2 (P₂ = 1 atm, V₂ = 6 L, T₂ = 300 K). Below the diagram is a graph of Boyle-Mariotte's law (Lei de Boyle - Mariotte) showing pressure (P in atm) on the y-axis and volume (V in liters) on the x-axis. The graph shows a hyperbolic curve with data points. The mathematical equation is given as $P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$.

Fonte: O Autor

A combinação da aula dialogada com os vídeos complementares possibilitou uma melhor assimilação dos conceitos e uma maior clareza na aplicação dos conhecimentos sobre gases, especialmente em relação às transformações gasosas e às implicações das variáveis de estado em diferentes condições. A abordagem dialogada, que privilegiou a interação entre professor e alunos, foi fundamental para esclarecer dúvidas imediatas e corrigir mal-entendidos que surgiram durante o processo de aprendizagem. Nesse tipo de aula, os alunos tiveram a oportunidade de se expressar, fazer perguntas e receber feedback contínuo, o que ajudou a solidificar o entendimento dos conceitos em tempo real.

Além disso, a utilização de vídeos complementares proporcionou uma dimensão multimodal ao ensino, tornando os conceitos mais tangíveis e acessíveis para os estudantes. Os vídeos, ao apresentarem a teoria, a representação gráfica das transformações e a aplicação a partir da resolução de exercício, permitiram que os alunos visualizassem os fenômenos de maneira mais concreta, o que é fundamental para o entendimento de temas como as transformações gasosas, que muitas vezes são difíceis de compreender. As representações visuais ajudaram a desmistificar o comportamento dos gases em diferentes condições de pressão, temperatura e volume, permitindo que os alunos compreendessem as interações entre essas variáveis de uma maneira mais intuitiva.

Além disso, a combinação dessas duas abordagens pedagógicas facilitou o processo de contextualização dos conceitos. Ao associar a teoria à prática, os estudantes puderam compreender as implicações das variáveis de estado dos gases em situações cotidianas, como a calibração de pneus de automóveis, mencionada anteriormente no questionário. Esse tipo de contextualização ajudou a tornar o conteúdo mais relevante e aplicável à realidade dos alunos, tornando o aprendizado mais significativo.

Gradualmente, os alunos começaram a superar as concepções errôneas que inicialmente possuíam sobre os gases e suas propriedades. Durante as atividades, muitas vezes os estudantes apresentaram ideias preconcebidas ou simplificadas, como a visão de que os gases não possuem volume ou forma definidos. Contudo, ao longo das aulas, essas concepções foram sendo confrontadas com explicações fundamentadas na ciência, e os alunos passaram a questionar suas próprias ideias, ajustando suas compreensões de acordo com as novas informações adquiridas. Esse processo de desconstrução e reconstrução do conhecimento é essencial para a aprendizagem científica, pois envolve tanto a reflexão crítica quanto a internalização de novos conceitos.

Além disso, a interação entre os conceitos de física e química, especialmente no que diz respeito à termodinâmica e às leis dos gases, foi fundamental para que os alunos desenvolvessem uma compreensão mais robusta sobre as interações moleculares e as transformações que ocorrem nas diferentes condições de pressão e temperatura. As relações entre as variáveis de estado, como volume, temperatura e pressão, foram abordadas de maneira integrada, permitindo que os alunos vissem a ciência como um campo interligado e não compartimentalizado.

O uso de diferentes recursos e estratégias de ensino contribuiu também para o desenvolvimento da habilidade dos alunos em resolver problemas práticos. A resolução de questões envolvendo os gases, com base em gráficos, tabelas e cálculos matemáticos, foi mais eficaz quando acompanhada de uma explicação detalhada e de exemplos práticos demonstrados por meio dos vídeos e das discussões em sala de aula. Isso permitiu que os alunos aplicassem de forma concreta os conceitos aprendidos, promovendo uma aprendizagem mais profunda e significativa.

Em síntese, a combinação de aulas dialogadas com vídeos complementares foi crucial para que os alunos superassem as dificuldades iniciais e consolidassem uma compreensão mais científica e precisa sobre as propriedades dos gases e suas transformações. Esse método favoreceu a construção de um aprendizado ativo, no qual os alunos não apenas absorvem informações, mas também as questionam, experimentam e aplicam de forma reflexiva. A evolução do conhecimento dos estudantes reflete a eficácia dessa abordagem pedagógica, que valoriza tanto a teoria quanto a prática, e promove a aprendizagem crítica e autônoma.

4.3 ATIVIDADE EXPERIMENTAL

Após a aula dialogada, realizou-se uma atividade de experimentação com o objetivo de verificar as relações entre as variáveis de estado de um gás, como temperatura, volume e pressão. A experimentação é uma prática central no ensino de ciências, especialmente em Química, pois, segundo Santos e Mortimer (2002), ela proporciona aos alunos a oportunidade de observar fenômenos diretamente, o que facilita a construção do conhecimento científico. No entanto, a transposição do que é observado no nível macroscópico para a compreensão submicroscópica muitas vezes é um grande desafio, como apontam Lopes e Silva (2010).

FIGURA 7: Alunos realizando a atividade Experimental



FONTE: O Autor

A partir da aula teórica e dos experimentos realizados, os 58 alunos presentes responderam a um questionário para avaliar sua compreensão sobre as relações entre temperatura, volume e pressão dos gases. A ideia era que, ao observar diretamente essas relações em um ambiente controlado, os estudantes pudessem superar suas concepções prévias e aplicar os conceitos aprendidos em sala de aula. Apesar disso, foi possível perceber que, embora alguns alunos tenham apresentado evolução em relação à compreensão dos fenômenos estudados, essa evolução, no geral, foi menor do que a esperada.

FIGURA 8: Alunos respondendo Questionário Experimental



Fonte: O Autor

Quando no roteiro do experimento foi solicitado aos alunos descreverem o que aconteceu com o ar da seringa quando ele empurrou o êmbolo uma das respostas encontradas foi:

A) Descreva o que aconteceu com o ar dentro da seringa quando você empurrou o êmbolo.

O AR CRIOU UMA PRESSÃO E COMEÇOU A EMPURRAR O ÊMBOLO EM DIREÇÃO AO SEU LOCAL INICIAL.

É possível verificar que a resposta do discente não condiz com o que foi perguntado visto que ele cita o que ocorreu após ele liberar o êmbolo.

Muitas das dificuldades enfrentadas pelos alunos no ensino de química não estão apenas relacionadas à compreensão dos conceitos científicos, ou entendimento dos fenômenos macro e micro, mas também à interpretação dos enunciados das questões. A interpretação de texto desempenha um papel crucial no entendimento correto do que está sendo solicitado em uma atividade ou prova. Em diversas ocasiões, alunos erram não por desconhecimento do conteúdo químico, mas por não compreenderem adequadamente as instruções ou as perguntas formuladas.

Campos e Nigro (2009) explicam que a mistura entre conceitos científicos adquiridos e concepções prévias é comum. Os alunos tendem a adaptar as novas informações ao seu conhecimento pré-existente, o que pode resultar na persistência de ideias errôneas, mesmo quando confrontadas com evidências obtidas por meio da experimentação. Essas concepções prévias podem ser resistentes à mudança porque os estudantes interpretam os novos conhecimentos à luz do que já acreditam ser verdade, como discutido por Driver et al. (1994), ao analisarem a dificuldade dos

Apesar dessas dificuldades, os próprios alunos relataram que o uso de experimentos facilitou a aprendizagem. Eles destacaram que a prática experimental permite uma forma mais participativa e dinâmica de trabalhar os conteúdos, além de conectar os conceitos científicos com fenômenos do cotidiano. Hodson (1993) ressalta a importância da experimentação como uma ferramenta não apenas para a aprendizagem de conceitos, mas também para o desenvolvimento de habilidades investigativas e críticas, essenciais na formação de um pensamento científico.

O uso de atividades experimentais, no entanto, não é suficiente por si só para promover uma compreensão profunda dos fenômenos químicos. Justi e Gilbert (2002) argumentam que, para que os alunos realmente compreendam os processos submicroscópicos envolvidos, é necessário que o professor forneça um suporte adicional, seja por meio de discussões aprofundadas ou do uso de recursos visuais, como gráficos e animações, que possam auxiliar na visualização das interações entre as partículas. Apesar da aula dialogada trazerem elementos submicroscópicos na representação das transformações gasosas os alunos quase em sua totalidade não conseguiram explicar as transformações ocorridas durante a aula experimental a partir

do uso do modelo de partículas. Verificou-se uma melhora no domínio conceitual e em uma maior compreensão das mudanças acerca das alterações nas variáveis de estado, mas sem a superação de uma visão microscópica dos referidos fenômenos.

Podemos ilustrar essas dificuldades e avanços com exemplo alguns alunos, cujos desempenhos foram avaliados durante o estudo.

O ALUNO 49, mesmo após a realização das aulas teóricas e da atividade experimental, demonstrou dificuldade em assimilar os conceitos químicos fundamentais abordados (FIGURA 9). Esse distanciamento em relação à compreensão dos fenômenos químicos pode ser atribuído a diversos fatores, como concepções prévias enraizadas, limitações no trânsito entre os níveis de representação propostos por Johnstone (1982) ou a falta de estratégias que integrem de maneira eficiente os vértices do triângulo químico.

FIGURA 9: Resposta da Relação Volume e Pressão do Aluno 49

Parte 1: Relação entre Volume e Pressão a Temperatura Constante.

1.1 Deslocar o êmbolo da seringa até certa posição, observando que o ar está na sua concentração normal, pois penetrou livremente na seringa.

1.2 Tapar a ponta da seringa e empurrar o êmbolo.

A) Descreva o que aconteceu com o ar dentro da seringa quando você empurrou o êmbolo.

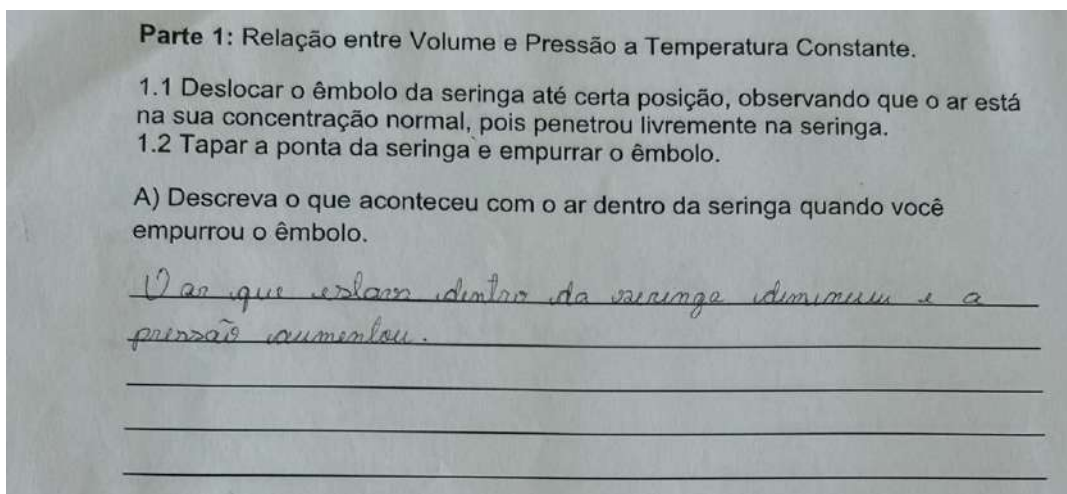
O ar ficou impossibilitado de sair ao pressionar a seringa.

FONTE: Aluno 49

O ALUNO 32, ao responder à primeira pergunta da atividade experimental (FIGURA 10), demonstrou dificuldade em compreender que a diminuição do volume do gás ao pressionar o êmbolo da seringa ocorreu devido à aproximação das partículas provocada pelo aumento da pressão. Em vez disso, o aluno interpretou que a redução do volume estava associada a uma diminuição na quantidade de ar presente no sistema, revelando uma concepção alternativa comum entre os estudantes.

Essa dificuldade evidencia a persistência de barreiras no processo de transição entre o nível macroscópico, referente à observação direta do fenômeno, e o nível microscópico, que explica esse comportamento em termos de partículas. Apesar das discussões teóricas e da atividade prática realizadas, o aluno manteve uma visão limitada ao nível descritivo, sem conseguir conectar o comportamento observado à dinâmica molecular subjacente.

FIGURA 10: Resposta da Relação Volume e Pressão do Aluno 32



FONTE: Aluno 32

Ainda em relação ao ALUNO 32, a dificuldade apresentada em progredir além do nível macroscópico, evidenciada na primeira pergunta da atividade experimental, é corroborada na segunda parte quando o estudante não conseguiu estabelecer uma relação entre as alterações de temperatura observadas e os correspondentes movimentos ou interações das partículas em um sistema gasoso (FIGURA 11). Isso demonstra uma barreira na compreensão do comportamento das partículas em níveis mais profundos, como o microscópico. É possível que o aluno tenha enfrentado uma sobrecarga cognitiva ao tentar interpretar o fenômeno, já que a tarefa exige a integração simultânea de diferentes níveis de representação química.

FIGURA 11: Resposta da Relação Temperatura e Volume do Aluno 32

Parte 2: Relação entre Temperatura e Volume a Pressão Constante

2.1 Adaptar a bexiga na boca do tubo de ensaio.

2.2 Aquecer o tubo de ensaio utilizando a lamparina a álcool.

A) Descreva o que aconteceu com o ar dentro da bexiga quando você aqueceu o erlenmeyer.

O ar ~~que~~ encheu a bexiga e ela ficou um pouco maior, logo após aquecer, o volume começou a aumentar.

B) Descreva o que aconteceu com o ar dentro da bexiga quando você parou de aquecer o erlenmeyer.

Permaneceu do mesmo jeito, logo após a bexiga começou a encolher, ~~o que~~ porque a temperatura diminuiu.

FONTE: Aluno 32

O ALUNO 15, por exemplo, em suas concepções prévias, exemplificou um pneu vazio sem partículas. Além disso, em relação à diferença entre um pneu frio e um aquecido, o aluno organizou erroneamente as partículas no pneu frio e afirmou que não haveria expansão do volume quando o pneu fosse aquecido. Após a aplicação da aula experimental, esse aluno ainda demonstrou dificuldades em compreender o modelo de partículas e a relação entre a temperatura e a pressão no contexto das transformações gasosas, além de apresentar uma deficiência na utilização da linguagem científica conforme demonstrado (FIGURA 12):

FIGURA 12: Resposta da Relação Temperatura e Volume do Aluno 15

Parte 2: Relação entre Temperatura e Volume a Pressão Constante

2.1 Adaptar a bexiga na boca do tubo de ensaio.

2.2 Aquecer o tubo de ensaio utilizando a lamparina a álcool.

A) Descreva o que aconteceu com o ar dentro da bexiga quando você aqueceu o erlenmeyer.

ASSIM QUE O ERLENMEYER FOI AQUECIDO O AR DENTRO DA BEXIGA COMEÇOU A ESQUENTAR FAZENDO COM QUE A BEXIGA INFLA-SE.

B) Descreva o que aconteceu com o ar dentro da bexiga quando você parou de aquecer o erlenmeyer.

A BEXIGA COMEÇOU A MURCHAR.

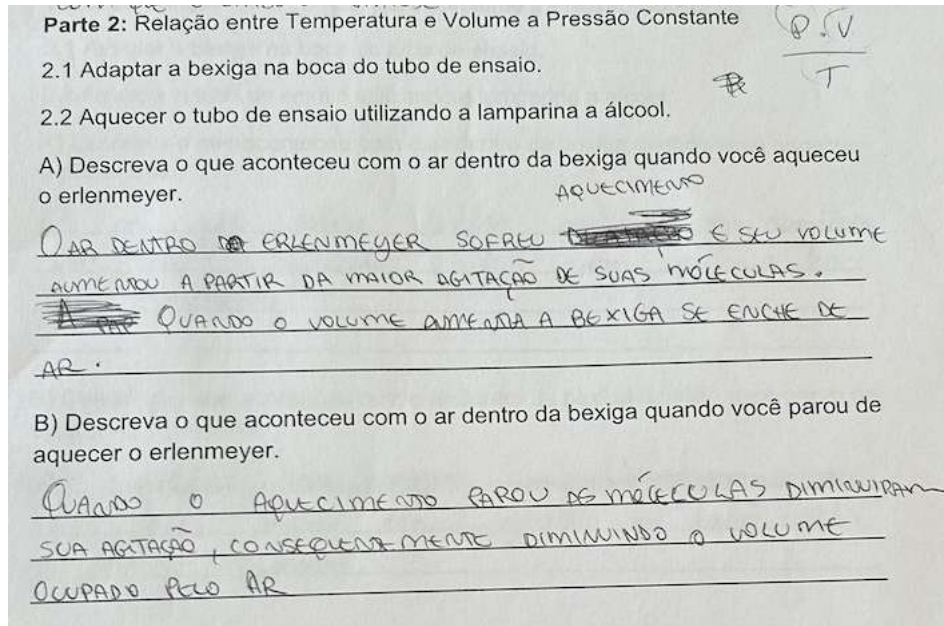
FONTE: Aluno 15

O ALUNO 38, em suas respostas (FIGURA 13), apresentou indícios de uma leve compreensão dos modelos de partículas, buscando inicialmente associar a expansão do volume, observada durante o aquecimento, ao aumento do grau de agitação térmica das moléculas. Essa interpretação demonstra um avanço parcial no entendimento dos fenômenos microscópicos e sua relação com os aspectos macroscópicos do comportamento dos gases.

No entanto, o aluno cometeu um erro conceitual ao complementar sua resposta, associando a expansão do volume ao aumento da quantidade de ar no sistema. Essa concepção alternativa evidencia uma dificuldade em distinguir entre as variáveis de estado que caracterizam o comportamento dos gases, como pressão, volume e temperatura, e a quantidade fixa de partículas no sistema.

O desempenho do ALUNO 38 reflete a complexidade do processo de transição entre os níveis macroscópico e microscópico do triângulo de Johnstone (1982). Embora o aluno tenha demonstrado algum progresso na construção de um modelo teórico mais adequado, a coexistência de conceitos corretos e errôneos em suas respostas indica a necessidade de um reforço pedagógico.

FIGURA 13: Resposta da Relação Temperatura e Volume do Aluno 38



FONTE: Aluno 38

Esses exemplos refletem de maneira clara o que Johnstone (1993) identifica como uma das maiores dificuldades no ensino de química: a integração dos níveis macroscópico, submicroscópico e simbólico do conhecimento químico. A abordagem tradicional, muitas vezes centrada em aulas expositivas e conteúdos isolados, não é suficiente para garantir que os alunos consigam transitar entre esses níveis de forma eficiente e significativa. Mesmo quando estratégias mais interativas, como a experimentação, são aplicadas, a compreensão no nível submicroscópico ainda se apresenta como um desafio significativo.

A internalização de conceitos abstratos, como o comportamento das moléculas de gás, exige que os alunos construam imagens mentais complexas baseadas em representações simbólicas e relacionem essas imagens a fenômenos observáveis no mundo macroscópico. Por exemplo, ao tentar explicar a relação entre o aumento da temperatura e a expansão de um gás, os discentes precisam entender que o aumento na agitação térmica das moléculas está relacionado ao comportamento macroscópico de expansão do volume. Contudo, a dificuldade em visualizar diretamente as partículas e seus movimentos pode levar a concepções alternativas, como a ideia errônea de que a quantidade de ar no sistema aumenta com o volume.

Além disso, o nível simbólico adiciona mais uma camada de complexidade, exigindo que os alunos interpretem fórmulas matemáticas, gráficos e outras

representações abstratas para conectar os aspectos macroscópicos e submicroscópicos do conhecimento químico. Quando esses três níveis não estão bem alinhados, a aprendizagem tende a ser fragmentada, e os alunos podem se sentir confusos ou sobrecarregados cognitivamente.

Johnstone (1993) argumenta que a dificuldade de integrar esses níveis decorre, em parte, da limitação da memória de trabalho dos estudantes, que é frequentemente sobrecarregada ao lidar com múltiplas representações simultaneamente. Por isso, ele recomenda uma abordagem pedagógica que priorize a construção gradual do conhecimento, focando inicialmente em um nível do triângulo, como o macroscópico, e, em seguida, estabelecendo conexões progressivas com os demais níveis. Essa estratégia permite aos alunos consolidar o entendimento básico antes de avançar para conceitos mais abstratos.

Ainda que a experimentação seja uma ferramenta poderosa para engajar os estudantes e contextualizar o conhecimento químico, ela deve ser acompanhada de intervenções pedagógicas intencionais que enfatizem a integração dos três níveis. Atividades como simulações virtuais, discussões em grupo e representações visuais podem ajudar a superar a barreira do submicroscópico, permitindo que os alunos visualizem e interpretem fenômenos de maneira mais clara.

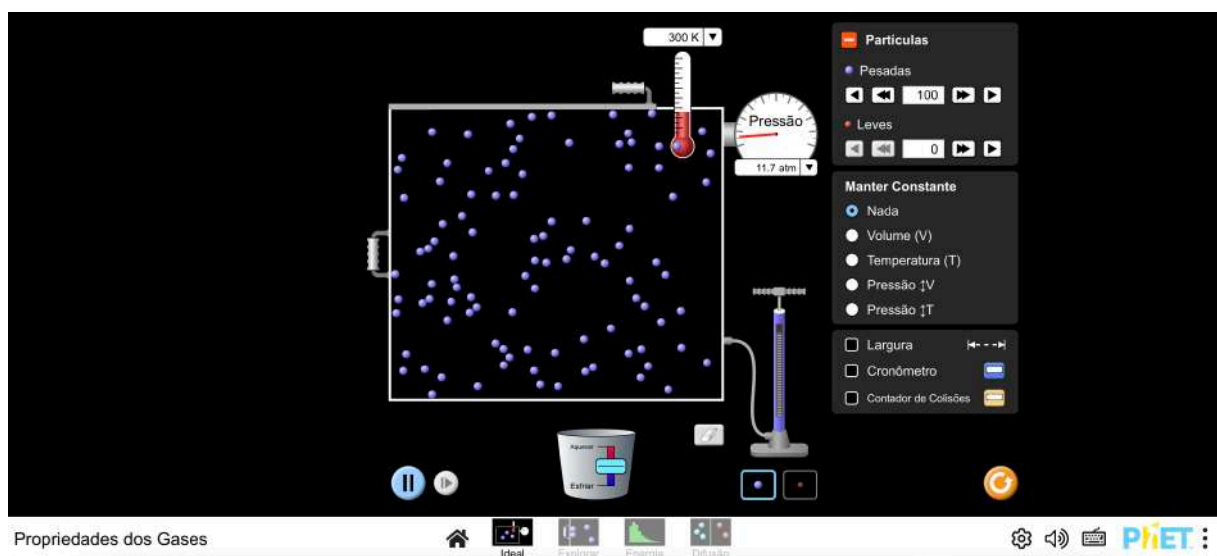
Portanto, para promover uma aprendizagem significativa em química, é fundamental que o professor esteja atento às dificuldades específicas de cada nível do triângulo de Johnstone e planeje atividades que facilitem a transição entre eles. Apenas assim será possível reduzir as lacunas conceituais e garantir que os alunos desenvolvam uma compreensão sólida e integrada dos conceitos químicos.

Esses exemplos refletem o que Johnstone (1993) identifica como uma das maiores dificuldades no ensino de química: a integração dos níveis macroscópico, submicroscópico e simbólico do conhecimento químico. Mesmo com a experimentação, a compreensão submicroscópica ainda se mostra um desafio significativo, pois envolve a internalização de conceitos abstratos que não são diretamente observáveis, como o comportamento das moléculas de gás.

4.5 ATIVIDADE DO SIMULADOR

Finalmente, na última etapa da pesquisa, os discentes foram convidados a irem ao laboratório de informática, onde, sentados em duplas, realizaram o acesso ao site do Phet Colorado e buscaram o simulador Gas Properties. O uso deste simulador foi uma estratégia fundamental para que os alunos pudessem visualizar de forma interativa os conceitos abordados nas aulas teóricas, nos vídeos complementares e nas atividades experimentais. A interação com o simulador permitiu que os estudantes explorassem, em tempo real, como as variáveis de estado dos gases (como pressão, volume e temperatura) influenciam o comportamento dos mesmos em diferentes condições. Esse tipo de ferramenta tecnológica, que alia a teoria à prática, oferece uma maneira eficaz de fazer os alunos vivenciarem de maneira prática os fenômenos descritos nas leis dos gases.

FIGURA 14: Simulador Gas Properties



Fonte: Phet Colorado

A partir do uso do simulador, foi possível observar um avanço significativo na compreensão microscópica dos fenômenos relacionados às transformações gasosas. O ALUNO 32, embora ainda apresente dificuldades em explicitar verbalmente o modelo de partículas, demonstrou progresso em suas representações pictográficas (FIGURA 15). Nessas representações, observa-se uma percepção mais clara das alterações na posição e no comportamento das partículas, como a aproximação em

resposta ao aumento da pressão e o distanciamento quando submetidas ao aumento da temperatura.

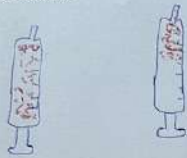
Essa evolução sugere que o uso de ferramentas como simuladores virtuais pode auxiliar os estudantes a visualizar conceitos abstratos, tornando-os mais tangíveis e acessíveis. No caso do ALUNO 32, a representação pictográfica funcionou como um intermediário entre os níveis simbólico e submicroscópico, permitindo que ele expressasse uma compreensão mais próxima do modelo científico, mesmo sem conseguir articular essa percepção de forma verbal.

FIGURA 15: Resposta do Aluno 32 após uso do Simulador

01) Explique o que aconteceu com o ar dentro da seringa quando você empurrou o êmbolo durante a realização da atividade experimental.

A seringa foi pegando pressão cada vez mais que vou empurrando, o ar que estava dentro da seringa foi comprimido.
(comprimido)


02) Mostre com desenhos, o ar dentro da seringa antes e depois de você ter empurrado o êmbolo.



03) Explique o que aconteceu com o ar dentro da bexiga quando o erlenmeyer foi aquecido.

A parte do aparelho em que a bexiga foi aquecida o ar foi aumentando cada vez mais a pressão.

04) Mostre com desenhos, o ar dentro da bexiga antes e depois do aquecimento do erlenmeyer.



FONTE: Aluno 32

O ALUNO 38 apresenta uma melhora significativa na compreensão do modelo de partículas. Tanto em sua resposta escrita quanto nas representações pictográficas, observa-se uma clara preocupação em demonstrar o movimento das moléculas,

evidenciando um avanço no entendimento das interações entre partículas em diferentes condições de pressão e temperatura (FIGURA 16).


Na resposta escrita, o aluno utiliza uma linguagem mais alinhada aos conceitos científicos, o que demonstra um progresso na internalização do conhecimento submicroscópico. Ele descreve o aumento do movimento das moléculas em função do aquecimento e a redução das distâncias entre as partículas quando submetidas a uma compressão. Já nas representações pictográficas, é possível identificar a tentativa de ilustrar a agitação térmica e a alteração no espaçamento entre as moléculas, demonstrando a preocupação em correlacionar o comportamento das partículas com os fenômenos observados macroscopicamente.

FIGURA 16: Resposta do Aluno 38 após uso do Simulador

01) Explique o que aconteceu com o ar dentro da seringa quando você empurrou o êmbolo durante a realização da atividade experimental.

Ao empurrar o êmbolo o volume diminuiu, consequentemente a pressão das partículas dentro da seringa aumentou, fazendo com que se igualasse com a pressão exercida no êmbolo. Por isso, a partir de um momento, ~~o~~ o êmbolo parou de diminuir o volume.


02) Mostre com desenhos, o ar dentro da seringa antes e depois de você ter empurrado o êmbolo.



03) Explique o que aconteceu com o ar dentro da bexiga quando o erlenmeyer foi aquecido.

Ao aquecer o ar dentro da seringa a temperatura aumentou consequentemente o movimento das partículas também aumentou, se o espaço não permitisse aumento de volume a pressão aumentaria, no entanto o volume da bexiga aumentou e a pressão se manteve.

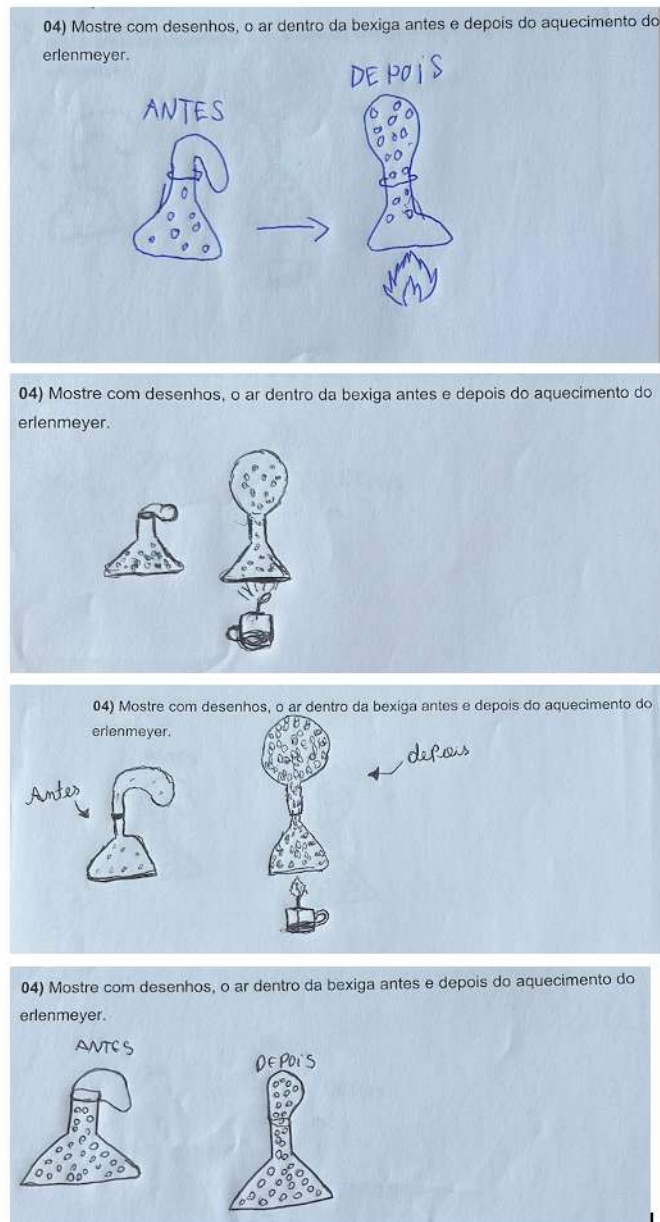
04) Mostre com desenhos, o ar dentro da bexiga antes e depois do aquecimento do erlenmeyer.



FONTE; Aluno 38

Observa-se que muitos alunos, após a utilização do simulador, passaram a demonstrar uma maior preocupação em representar as partículas gasosas presentes tanto no erlenmeyer quanto na bexiga (FIGURA 17). Contudo, ainda persistem concepções alternativas, como a ideia de que o ar existente no sistema só ocupará a bexiga após o aquecimento. Além disso, a preocupação em evidenciar a quantidade correta de gás no sistema, que é fundamental para uma compreensão mais precisa do modelo de partículas, não está presente na maioria das representações dos estudantes

FIGURA 17: Representação dos alunos da bexiga em aquecimento após o uso do simulador



FONTE: Alunos

Apesar dessas limitações, é possível afirmar que houve um avanço significativo na compreensão do modelo de partículas. Esse progresso está relacionado à abordagem pedagógica que integrou os três vértices do Triângulo de Johnstone — o macroscópico, o submicroscópico e o simbólico. O uso do simulador permitiu que os alunos visualizassem de forma dinâmica os comportamentos submicroscópicos das partículas gasosas, facilitando a transição entre as representações concretas e abstratas do conhecimento químico.

Do ponto de vista macroscópico, os alunos observaram os efeitos visíveis do aquecimento no experimento, como o aumento do volume da bexiga. No nível submicroscópico, o simulador possibilitou uma representação clara do aumento da energia cinética das partículas e da expansão resultante devido ao aquecimento. Já no nível simbólico, foi possível conectar essas observações com as leis dos gases, promovendo uma articulação mais consistente entre os diferentes níveis do conhecimento químico.

Esse resultado reflete o que Johnstone (1993) destaca como a importância da integração dos níveis de representação para o ensino de química. A utilização de ferramentas que permitam transitar entre os vértices do Triângulo de Johnstone não apenas facilita a compreensão de conceitos complexos, mas também contribui para superar concepções alternativas que, de outra forma, poderiam permanecer enraizadas.

Em suma, o avanço observado reforça a relevância de estratégias pedagógicas que associem atividades experimentais e simuladores a discussões teóricas e representações simbólicas. Essa abordagem integrada é essencial para que os estudantes consigam construir um entendimento sólido e coerente dos conceitos químicos, promovendo uma aprendizagem significativa e duradoura

Ao utilizarem o simulador, os estudantes puderam modificar variáveis como a temperatura, a pressão e o volume de um gás, observando diretamente as mudanças no comportamento das moléculas, algo que pode ser abstrato de compreender apenas com explicações verbais, visualizações em vídeo ou mesmo em atividades experimentais. A possibilidade de manipular essas variáveis e ver imediatamente as consequências das alterações nas representações do comportamento molecular facilitou a compreensão dos conceitos e ajudou a consolidar a aprendizagem. O

ambiente de laboratório, normalmente associado as aulas das disciplinas técnicas do curso de informática, foi aqui substituído por uma ferramenta digital interativa para uma disciplina propedêutica, mas com um efeito educativo igualmente potente, especialmente em um tema que exige abstração, como o comportamento dos gases.

As duplas de alunos trabalharam colaborativamente, discutindo e experimentando diferentes cenários. Isso foi importante porque promoveu a troca de ideias e o desenvolvimento de habilidades de resolução de problemas em conjunto, além de incentivar a troca de conhecimentos e interpretações entre os próprios discentes. Ao experimentarem juntos, eles não só entenderam melhor as implicações das variáveis no comportamento dos gases, como também aprenderam a construir explicações baseadas nas evidências geradas pelo simulador. Esse tipo de aprendizagem colaborativa é altamente eficaz, pois fomenta um ambiente de apoio mútuo, onde os alunos podem questionar, debater e testar suas hipóteses em tempo real, com a orientação do professor.

O simulador também ofereceu a vantagem de permitir que os alunos observassem fenômenos que, de outra forma, poderiam ser difíceis de visualizar ou realizar experimentalmente em sala de aula, como a variação da pressão de um gás sem a necessidade de utilizar equipamentos de laboratório complexos. As representações interativas proporcionadas pela plataforma ajudaram a visualizar de forma clara as relações entre pressão, volume e temperatura, favorecendo a internalização dos conceitos de maneira mais concreta e acessível. Além disso, essa abordagem utilizou recursos tecnológicos de forma construtiva, alinhando-se às necessidades dos alunos modernos, que estão cada vez mais habituados a tecnologias digitais no processo de aprendizagem.

Ao final dessa etapa, foi possível perceber que muitos alunos, que anteriormente apresentavam dificuldades em compreender as transformações gasosas e as relações entre as variáveis de estado, agora demonstravam maior confiança e capacidade de aplicar os conceitos de maneira mais precisa. O uso do simulador, aliado às discussões em sala de aula e às atividades práticas anteriores, proporcionou uma compreensão mais sólida e integrada do conteúdo, reforçando o entendimento teórico com a experiência prática.

Em resumo, a utilização do simulador Gas Properties foi uma ferramenta pedagógica eficaz para consolidar o aprendizado dos alunos sobre os gases. Ela proporcionou uma abordagem mais dinâmica e interativa, que envolveu os estudantes de forma ativa e lhes ofereceu a oportunidade de experimentar diretamente as transformações gasosas em um ambiente digital. Além disso, a combinação da teoria com a prática, reforçada por essa experiência, permitiu que os alunos consolidassem uma compreensão mais profunda e científica dos conceitos relacionados aos gases, preparando-os melhor para aplicar esse conhecimento em contextos mais amplos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A integração de diferentes abordagens no ensino de Química, como aulas teóricas, o uso de vídeos, a realização de experimentos e a utilização de simuladores, é essencial para promover uma aprendizagem significativa, especialmente quando ancorada no modelo do triângulo de Johnstone. Esse modelo propõe que o conhecimento químico é estruturado em três níveis: macroscópico, microscópico e simbólico. Para que os alunos compreendam de forma integrada os conceitos da Química, é necessário que eles transitem entre esses níveis de maneira estruturada, e as estratégias pedagógicas desempenham um papel crucial nesse processo.

As aulas teóricas representam a base do ensino de Química, pois permitem a introdução e o aprofundamento dos conceitos fundamentais. Durante essas aulas, os professores têm a oportunidade de abordar os aspectos simbólicos, como fórmulas químicas e equações, e conectá-los às observações macroscópicas que os alunos experimentam em seu cotidiano. Segundo Mortimer e Scott (2003), é na aula teórica que se estabelece o arcabouço conceitual necessário para que os alunos interpretem os fenômenos químicos. No entanto, a eficácia dessas aulas depende da capacidade do professor em tornar a experiência interativa e conectada aos outros níveis do triângulo de Johnstone, para evitar que o ensino seja excessivamente abstrato e desconectado da realidade do aluno.

O uso de vídeos como recurso complementar é outro elemento valioso para a aprendizagem. Vídeos educativos podem ilustrar fenômenos microscópicos, como o movimento das partículas em uma reação química, que não podem ser observados diretamente. De acordo com Santos e Schnetzler (1996), recursos audiovisuais têm o potencial de contextualizar os conteúdos de maneira atrativa e didática, ajudando os estudantes a visualizarem conceitos abstratos. Além disso, os vídeos oferecem a possibilidade de revisar os conteúdos quantas vezes forem necessárias, permitindo que os alunos aprendam no seu próprio ritmo. Quando bem escolhidos, esses materiais contribuem para a construção de pontes entre os níveis simbólico e microscópico.

A realização de experimentos é uma prática que fortalece a conexão dos alunos com o nível macroscópico do conhecimento químico. Experimentos permitem que os

estudantes observem diretamente as transformações químicas e testem hipóteses, despertando sua curiosidade e promovendo uma aprendizagem ativa. Segundo Romanelli e Justi (1997), a experimentação possui um papel central na Química, pois legitima o caráter investigativo da ciência. Além disso, atividades experimentais podem ser projetadas para destacar a interseção entre os conceitos científicos e os fenômenos cotidianos, tornando o aprendizado mais significativo. No entanto, como apontam Wartha e Rezende (2011), a falta de infraestrutura em muitas escolas limita a aplicação dessa metodologia, o que reforça a importância de complementar a experimentação com outras estratégias.

A utilização de simuladores, como o PhET, é uma alternativa inovadora que integra os três níveis do triângulo de Johnstone em um ambiente virtual. Esses simuladores permitem que os alunos explorem variáveis como pressão, temperatura e volume, visualizando em tempo real os efeitos dessas mudanças no comportamento molecular. Conforme Clement (2000), o uso de ferramentas digitais ajuda os estudantes a reformularem suas concepções prévias e a desenvolverem modelos mentais mais robustos. Além disso, simuladores oferecem uma oportunidade única de realizar "experimentos" que seriam inviáveis em sala de aula devido a restrições de segurança, custo ou infraestrutura. A interatividade desses recursos promove o engajamento dos alunos, incentivando-os a participar ativamente do processo de aprendizagem.

Combinadas, essas metodologias criam uma abordagem pedagógica abrangente que atende aos diferentes estilos de aprendizagem dos alunos e favorece a transição entre os níveis do conhecimento químico. As aulas teóricas fornecem a base conceitual necessária para interpretar os fenômenos químicos; os vídeos conectam teoria e prática de maneira visual; os experimentos colocam os estudantes em contato direto com os fenômenos macroscópicos; e os simuladores oferecem uma ponte entre o microscópico e o simbólico, permitindo uma aprendizagem mais interativa e integrada.

Johnstone (2006) enfatiza que o ensino de Química deve guiar os estudantes através dos vértices do triângulo, iniciando pelo nível mais acessível e gradualmente incorporando os demais. Isso requer uma combinação equilibrada de estratégias que facilitem a construção de significados pelos alunos. Além disso, a transição entre os

níveis deve ser cuidadosamente planejada para evitar a sobrecarga cognitiva, um desafio comum no ensino de conceitos abstratos (GILBERT; TREAGUST, 2009). Nesse contexto, a diversificação de metodologias é fundamental para atender às necessidades dos estudantes e tornar o aprendizado mais eficaz.

Em conclusão, o ensino de Química, quando fundamentado no triângulo de Johnstone e enriquecido por uma combinação de aulas teóricas, vídeos, experimentos e simuladores, tem o potencial de transformar a aprendizagem em uma experiência significativa e engajante. Cada estratégia contribui de forma única para a transição entre os níveis de representação, permitindo que os alunos construam um conhecimento mais integrado e aplicável a diferentes contextos. Dessa forma, é possível superar as dificuldades tradicionais do ensino de Química, promovendo uma compreensão mais profunda e duradoura dos conceitos científicos.

REFERÊNCIAS

- [1] ADÚRIZ-BRAVO, A. Y.; Galagovsky, L. (1997). **Modelos científicos y modelos didácticos em la enseñanza de las ciencias naturales**. Parte 1: Consideraciones Teóricas. Memorias de la X REF. Mar del Plata: Argentina, 1997.
- [2] JOHNSTONE, A. H. **Teaching of Chemistry - Logical or Psychological?** Chemistry Education: Research and Practice in Europe, v. 1, n. 1, p. 9-15, 2000.
- [3] FERREIRA, P. F. M.; Justi, R. S. **Modelagem e o "fazer ciência"**. Química Nova na Escola, n. 28, p. 32-36, 2008.
- [4] WARTHA, E. J., & REZENDE, D. de B.; **Os Níveis De Representação No Ensino De Química E As Categorias Da Semiótica De Peirce**. *Investigações Em Ensino De Ciências*, 16(2), 275–290, 2011.
- [5] DRIVER, R., ASOKO, H., LEACH, J., MORTIMER, E., & Scott, P. **Construindo conhecimento científico na sala de aula**. Química nova na escola, v.9, n.5, 1999.
- [6] GUIMARÃES, C. C.; **Experimentação no ensino de química: caminhos e descaminhos rumo à aprendizagem significativa**. Química Nova na Escola, v. 31, n. 3, p. 198-202, 2009.
- [7] JUSTI, Rosária; GILBERT, John K. **Modeling, teachers' views on the nature of modeling, implications for the education of modellers**. *International Journal of Science Education*, v. 24, n. 4, p. 369-387, 2002.
- [8] JOHNSTONE, Alex H. **The development of chemistry teaching: A changing response to changing demand**. *Journal of Chemical Education*, v. 70, n. 9, p. 701-705, 1993.
- [9] SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. **Atividades experimentais no ensino de ciências: potencialidades e limitações**. *Educação e Pesquisa*, São Paulo, v. 28, n. 1, p. 117-136, 2002.
- [10] BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais: química**. Brasília, DF, 1999.
- [11] PAZ, G. L.; PACHECO, H. F.; **Dificuldades No Ensino-aprendizagem De Química No Ensino Médio Em Algumas Escolas Públicas Da Região Sudeste De Teresina**. [S. l.: s. n.], 2010.
- [12] FILGUEIRAS, C. A. L. D. **Pedro II e a Química**. Química Nova, v.11, n.02, p. 210-214, 1988.
- [13] LIMA, J. O. G. **Do período colonial aos nossos dias: uma breve história do Ensino de Química no Brasil**. *Revista Espaço Acadêmico*, vol. 12, nº 140, janeiro de 2013.
- [14] SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos; SCHNETZLER, Roseli Pacheco. **Educação em Química: compromisso com a cidadania**. Ijuí: Ed. Unijuí, 1997.

- [15] NUNES, A. S.; ADORNI, D.S.; **O ensino de química nas escolas da rede pública de ensino fundamental e médio do município de Itapetinga-BA: O olhar dos alunos.** In: Encontro Dialógico Transdisciplinar - Enditrans, 2010, Vitória da Conquista, BA. - Educação e conhecimento científico, 2010.
- [16] TREVISAN, T. S. e MARTINS, P. L. O.; **A prática pedagógica do professor de química: possibilidades e limites.** UNI revista. Vol. 1, nº 2: abril, 2006.
- [17] SCHRAM, Marcelo; IGNACHEWSKI, Franciély; TAKATA, Neide Hiroko. **A formação de professores de química nas IES paranaenses e os desafios da docência na perspectiva de seus formandos.** *Revista de Ensino de Química*, v. 14, n. 1, 2019.
- [18] RUIZ, A. I.; RAMOS, M. N.; HINGEL, M.; **Escassez de professores no Ensino Médio: propostas estruturais e emergenciais.** Ministério da Educação, Conselho Nacional de Educação, Brasil, 2007.
- [19] JOHNSTONE, A. H. (1982). **Macro- and microchemistry: An integrated approach.** *European Journal of Science Education*, 4(1), 17-30.
- [20] JOHNSTONE, A. H. You Can't Get There from Here. *Journal of Chemical Education*, v. 87, n. 1, p. 22-29, 2010/01/01 2009. ISSN 0021-9584
- [21] MORTIMER, E. F., & AMARAL, M. E. (2014). **O ensino de ciências: A formação de conceitos em química.** Artmed. 2014
- [22] GILBERT, J. K., & TREAGUST, D. F. (2009). **Designing challenging chemistry education.** *International Journal of Science Education*, 31(2), 173-190.
- [23] JOHNSTONE, A. H. *Chemical education research in Glasgow in perspective.* *Chemistry Education Research and Practice*, v. 7, n. 2, p. 49-63, 2006.
- [24] SILVA, B. V. C.; ATAIDE, M. C. E. S. **As metodologias de ensino de ciências: contribuições da experimentação e da história e filosofia da ciência.** *HOLOS*, [S.l.], v. 11, n. 2, p. 51-66, 2011.
- [25] MELO, M. S.; SILVA, R. R. **Os três níveis do conhecimento químico: dificuldade dos alunos na transição entre o macro, o submicro e o representacional.** *Revista Exitus*, [S.l.], v. 9, n. 5, p. 301, 11 dez. 2019. Universidade Federal do Oeste do Pará.
- [26] MORTIMER, E. F., & AMARAL, M. E. **O ensino de ciências e as representações do conhecimento científico.** *Revista Brasileira de Ensino de Ciências*, 22(3), 159-168, 2000
- [27] ROCHA, J. R. C. da; CAVICCHIOLI, A. **Uma alternativa para o aprendizado dos conceitos de átomo, molécula, elemento químico, substância simples e substância composta, no Ensino Fundamental e Médio.** *Química Nova na Escola*, São Paulo, n. 21, p. 29-33, maio. 2005.

- [28] LIMBERGER, Têmis: **Transparência Administrativa e Novas Tecnologias: o Dever de Publicidade**, o Direito a ser Informado e o Princípio Democrático. Disponível em: <http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rda/article/viewFile/42471/41191>, 2016.
- [29] SILVA, B. V. C. **Os três níveis do conhecimento químico: dificuldades dos alunos na transição entre o macro, o submicro e o representacional**. *ResearchGate*, 2008.
- [30] SANTOS, W. e SCHNETZLER, R.P. **O que significa ensino de Química para formar o cidadão?** *Química Nova na Escola*, n. 4, p. 28-34, 1996.
- [31] ROMANELLI, L. I.; JUSTI, R da S. **Aprendendo Química**. Ijuí: Ed. UNIJUÍ, 1997.
- [32] OLIVEIRA, C. A. F. de; FILHO, J. B. M. de R.; ANDRADE, L. R. de. **Identificação de ácido salicílico em produtos dermatológicos utilizando-se materiais convencionais**. *Química Nova na Escola*, São Paulo, v. 33, n. 2, p. 125-9, maio. 2011.
- [32] CLEMENT, John. **Model based learning as a key research area for science education**. *Journal of Science Education*, v. 22, p. 1041-1053, 2000.
- [33] DENZIN, N. K; LINCOLN, I. **O planejamento da pesquisa qualitativa: teorias e abordagens**. Porto Alegre: Artmed, 2006.
- [34] GODOY, Arilda Schmidt. **Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades**. *RAE - Revista de Administração de Empresas*, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 57-63, 1995.
- [35] TEIXEIRA, M. M. P; NETO, J.M.; **Uma proposta de tipologia para pesquisas de natureza interventiva**; *Ciência & Educação*, Bauru, 2017.
- [36] DAMIANI, M. G. et al. **Discutindo pesquisas do tipo intervenção pedagógica**; *Caderno de Educação*, n.45 Pelotas, 2013.
- [37] MARCONI, M. A; LAKATOS, E. M. **Fundamentos da Metodologia Científica**. São Paulo: Editora Atlas, 2003.
- [38] BLANCH, R.M.A.; JARDIM, M.I.A.; GRIGOLI, J.A.G. **Ideias de que os alunos lançam mão para explicar problemas relacionados ao cotidiano: Esforço do pensamento ou obstáculo ao saber científico?** *Ensaio e Ciência*, 5:3: 31 – 54, 2001.
- [39] BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Brasília: 2018.
- [40] SOARES, M. H. F. B. **Jogos e Atividades Lúdicas no Ensino de Química**. *Tese de Doutorado*, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos - SP, 2004.
- [41] LEWIN, A.M.F e LOMASCÓLO, T.M.M. **La metodología científica en la construcción de conocimientos**. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 20, n. 2, p. 147-510, 1998.

- [42] THOMAZ, M. F. **A experimentação e a formação de professores de ciências: uma reflexão.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 17, n. 3, p. 360-369, 2010.
- [43] MOREIRA, M. A.; **Pesquisa em ensino: Aspectos Metodológicos.** Porto Alegre, v. 5, 2003.
- [44] SOUZA, K. A. F. D.; CARDOSO, A. A. A formação em química discutida com base nos modelos propostos por estudantes de pós-graduação para o fenômeno de dissolução. Química Nova, v. 32, n. 1, 2009, p. 237-243.
- [45] LOPES, Maria Elisabete Braga; SILVA, Maria Cecília. **A experimentação no ensino de ciências: problemas e perspectivas.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 27, n. 2, p. 289-307, 2010.
- [46] CAMPOS, Alexandre M.; NIGRO, Rodrigo G. **Concepções alternativas e aprendizagem significativa em ciências.** São Paulo: Edusp, 2009.
- [47] DRIVER, Rosalind; SQUIRES, Ann; RUSHWORTH, Peter; WOOD-ROBINSON, Valerie. **Making Sense of Secondary Science: Research into Children's Ideas.** London: Routledge, 1994.
- [48] HODSON, Derek. Practical work in science: **Time for a reappraisal.** *Studies in Science Education*, v. 22, n. 1, p. 85-142, 1993.
- [49] MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. **Meaning making in secondary science classrooms.** Buckingham: Open University Press, 2003.
- [50] JOHNSTONE, A. H. **Chemical education research in Glasgow in perspective.** *Chemistry Education Research and Practice*, v. 7, n. 2, p. 49-63, 2006.

ANEXOS

ANEXO 1



Um pneu bem calibrado garante mais segurança na hora de dirigir e ajuda a reduzir o consumo de combustível. A calibragem errada pode não só comprometer a segurança dos ocupantes do veículo como também prejudicar o desempenho do automóvel.

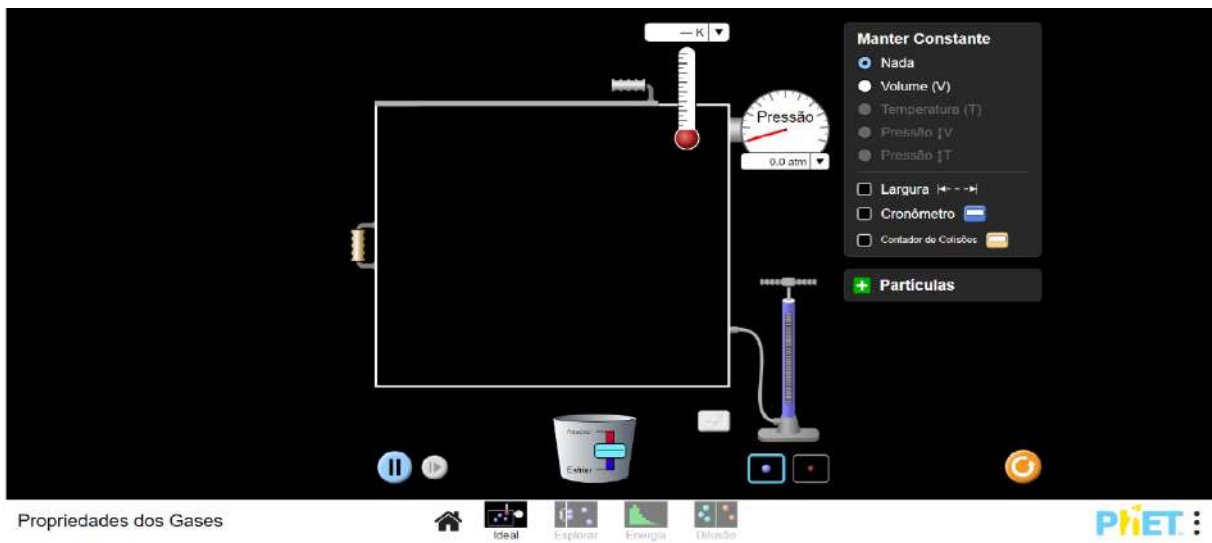
A calibração dos pneus é geralmente feita com o uso de ar e deve ser realizada a cada 15 dias. Os pneus devem estar frios, ou seja, tendo rodado no máximo 3 quilômetros. A pressão deve ser sempre a recomendada pelo fabricante do veículo, que em alguns carros está fixada na porta do motorista. Se não for o caso, no manual está descrita a pressão adequada.

Fonte: Texto adaptado da reportagem do Portal G1:

<http://g1.globo.com/Noticias/Carros/0,,MUL1038967-9658,00->

[TIRE+DUVIDAS+SOBRE+CALIBRAGEM+DE+PNEUS.html](http://g1.globo.com/Noticias/Carros/0,,MUL1038967-9658,00-TIRE+DUVIDAS+SOBRE+CALIBRAGEM+DE+PNEUS.html) Acesso em 20/04/2023

ANEXO 2



DISPONÍVEL EM: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/gas-properties

APÊNDICES

APÊNDICE 1

AULA 01

Duração: 45 minutos

Objetivo:

- Realizar o levantamento das concepções prévias dos discentes acerca da temática gases.

Atividade Desenvolvida

Utilização de um breve texto (ANEXO 1) para nortear os alunos e um questionário aberto (APÊNDICE 2) em que eles deveriam demonstrar suas compreensões acerca temática gases.

Metodologia:

A aula teve início com a leitura de um texto e a aplicação de um questionário inicial, cujo propósito era estimular os alunos a refletirem de maneira genuína sobre o tema proposto. Antes de começarem, foi enfatizado que não deveriam recorrer a materiais de consulta, como livros, internet ou outras fontes de pesquisa. Essa orientação foi dada porque o questionário não tinha caráter avaliativo e, portanto, não demandava respostas tecnicamente corretas ou fundamentadas em pesquisas.

AULA 02 a 05

Duração: 225 minutos

Objetivo:

- Apresentar aos alunos a teoria cinética dos gases e as variáveis de estado.

Metodologia:

Na segunda etapa do projeto, foram conduzidas uma série de aulas dialogadas. Essas aulas além de transmitir conhecimento teórico, buscou também estimular a reflexão e a compreensão mais profunda dos conceitos que foram trabalhados. O diálogo em sala de aula permitiu que os alunos participassem de forma ativa na construção do conhecimento. Assim com o levantamento de questões e buscando fazer conexões com situações do cotidiano, possibilitou uma construção coletiva para a compreensão dos conteúdos estudados.

Para reforçar o estudo das transformações gasosas, houve a elaboração de três vídeo aulas (Transformação Isotérmica, Transformação Isobárica e Transformação Isovolumétrica) que foram disponibilizadas no Youtube no Canal Química Elementar (APÊNDICE 3) de propriedade deste pesquisador.

AULA 06 e 07

Duração: 90 minutos

Objetivo:

- Permitir aos discentes a manipulação experimental das variáveis de estado de um gás.
- Analisar o comportamento macroscópico dos gases frente a manipulação experimental das variáveis de estado.

Metodologia:

Nessa etapa, as turmas participantes foram organizadas em dois grupos, cada um com no máximo 16 alunos, e conduzidas ao laboratório. No local, os alunos foram divididos em equipes menores, compostas por 3 a 4 integrantes, com o objetivo de facilitar o trabalho colaborativo. Para orientar a realização das atividades experimentais, cada grupo recebeu um roteiro detalhado de estudos (APÊNDICE 4), que serviu como guia para o desenvolvimento das práticas.

Durante a aula, os alunos foram monitorados de perto, garantindo a correta execução das atividades e priorizando a segurança de todos. Apesar da execução do experimento ter sido realizada em grupo, cada aluno foi instruído a registrar individualmente suas próprias conclusões, promovendo uma análise pessoal e crítica dos resultados obtidos. Além disso, não houve interferência direta no processo de análise, permitindo que cada grupo realizasse suas observações de maneira autônoma e os alunos respondessem ao questionário com base em suas percepções individuais. Essa abordagem buscou equilibrar o trabalho em equipe com o desenvolvimento da capacidade de reflexão independente.

AULA 08 e 09

Duração: 90 minutos

Objetivo:

- Permitir aos discentes a manipulação das variáveis de estado de um gás a partir do uso de um simulador.
- Analisar o comportamento microscópico dos gases frente a manipulação com o uso do simulador das variáveis de estado.

Metodologia:

Nessa etapa, os alunos foram conduzidos ao laboratório e organizados em duplas para o desenvolvimento das atividades práticas. O foco principal foi a manipulação de variáveis de estado utilizando o simulador interativo do PhET Colorado, descrito no ANEXO 2, uma ferramenta que possibilita explorar conceitos de maneira dinâmica e visual.

Para orientar as análises, cada aluno recebeu um questionário (APÊNDICE 5), que serviu como guia para registrar observações e conclusões individuais. Embora o trabalho tenha sido realizado em duplas, cada estudante foi instruído a responder o questionário de forma independente, promovendo a autonomia e o pensamento crítico no processo de aprendizado.

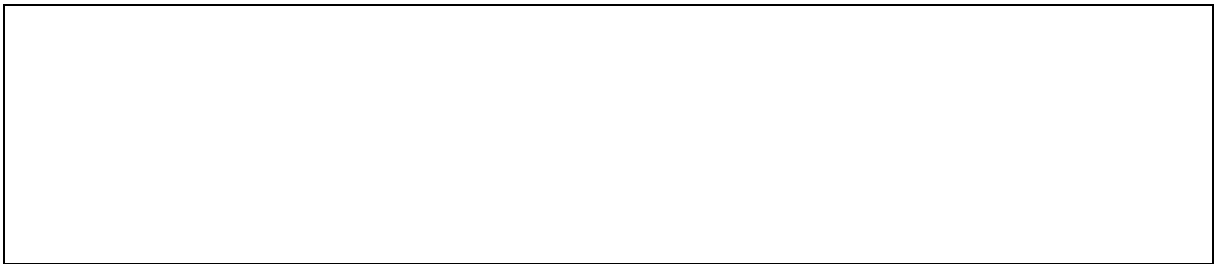
Durante a atividade, os alunos manipularam variáveis como pressão, volume e temperatura no simulador, investigando as interações entre elas e os efeitos nos sistemas simulados. Sob a supervisão próxima do professor, receberam apoio técnico para assegurar o pleno aproveitamento da ferramenta, mas sem intervenções que pudessem influenciar suas análises ou respostas. Essa metodologia combinou a troca de ideias no trabalho em dupla com o desenvolvimento de reflexões individuais fundamentadas.

APÊNDICE 2

01) Descreva em poucas palavras, como você imagina que seja um gás?

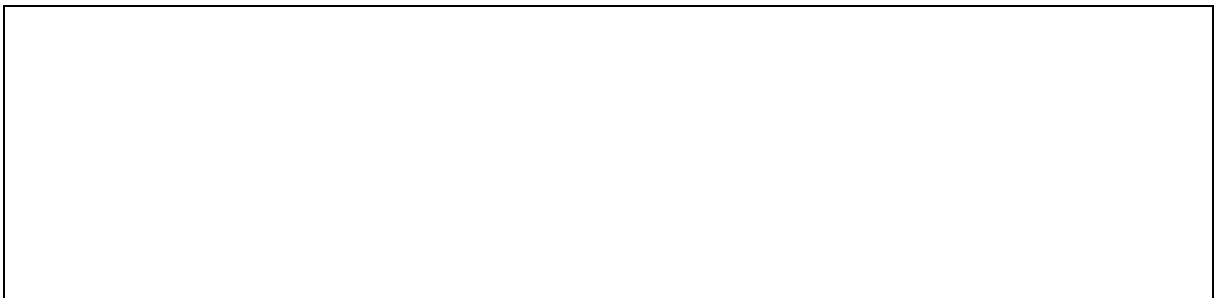
02) Escreva como você imagina que o ar estará dentro do pneu.

03) Represente, utilizando desenhos, um pneu vazio e outro cheio de ar.



04) Explique por que é recomendável calibrar com os pneus frios.

05) Represente, utilizando dois desenhos, o que ocorre com o ar quando o pneu é aquecido.



APÊNDICE 3

TRANSFORMAÇÃO ISOTÉRMICA

<https://youtu.be/3hMlt0lel0w>

TRANSFORMAÇÃO ISOBÁRICA

<https://youtu.be/VfrLDEUWYpQ>

TRANSFORMAÇÃO ISOVOLUMÉTRICA

<https://youtu.be/n83DfpqsoZo>

APÊNDICE 4

Roteiro de Estudo

OBJETIVO: Verificar as relações existentes entre as variáveis de estado de um gás.

MATERIAIS: - Seringa Descartável

- Um Erlenmeyer
- Um balão de festa
- Uma lamparina

Parte 1: Relação entre Volume e Pressão a Temperatura Constante.

1.1 Deslocar o êmbolo da seringa até certa posição, observando que o ar está na sua concentração normal, pois penetrou livremente na seringa.

1.2 Tapar a ponta da seringa e empurrar o êmbolo.

A) Descreva o que aconteceu com o ar dentro da seringa quando você empurrou o êmbolo.

Parte 2: Relação entre Temperatura e Volume a Pressão Constante

2.1 Adaptar a bexiga na boca do tubo de ensaio.

2.2 Aquecer o tubo de ensaio utilizando a lamparina a álcool.

A) Descreva o que aconteceu com o ar dentro da bexiga quando você aqueceu o erlenmeyer.

B) Descreva o que aconteceu com o ar dentro da bexiga quando você parou de aquecer o erlenmeyer.

APÊNDICE 5

Avaliação da Aprendizagem

01) Explique o que aconteceu com o ar dentro da seringa quando você empurrou o êmbolo durante a realização da atividade experimental.

02) Mostre com desenhos, o ar dentro da seringa antes e depois de você ter empurrado o êmbolo.

03) Explique o que aconteceu com o ar dentro da bexiga quando o erlenmeyer foi aquecido.

04) Mostre com desenhos, o ar dentro da bexiga antes e depois do aquecimento do erlenmeyer.