



A compreensão de estudantes sobre os conceitos físico-químicos de substância, propriedades e transformações

Arthur Arruda de Figueirôa

Emily Camily da Silva Rocha

Gabriela Silva Fialho

Ingridy Lorrany da Luz Souza

Iasmyn Meg da Luz Souza

Samira de Lima e Silva

Vinicius Sousa Souto

José Carlos Oliveira Santos

Instituição: Centro de Educação e Saúde, Universidade Federal de Campina Grande, Cuité - PB

RESUMO

O ensino de Física e Química no nível médio desempenha um papel crucial no desenvolvimento cognitivo e na formação crítica dos estudantes, proporcionando-lhes uma compreensão sólida dos fundamentos científicos que permeiam o mundo em sua volta. Este artigo consiste em analisar o conhecimento prévio e o grau de compreensão dos alunos do primeiro ano do ensino médio em relação a conceitos fundamentais de Física e Química, os quais foram introduzidos no nono ano do ensino fundamental e aprofundados no primeiro ano do ensino médio. Esta pesquisa ocorreu no mês de agosto de 2023 envolvendo 120 alunos do 1º ano do ensino médio que estavam presentes, através de uma atividade de extensão aplicada em uma escola pública no município de Cuité do estado da Paraíba. Neste estudo, foi observado que uma considerável parcela de alunos enfrenta desafios significativos ao interpretar os conceitos fundamentais da Física e da Química. Essa dificuldade pode ser atribuída a uma série de fatores, que vão desde a complexidade intrínseca desses conceitos até as abordagens pedagógicas empregadas nas salas de aula.

Palavras-chave: Concepção de alunos, Conceitos físico-químicos, Propriedade da matéria.

1 INTRODUÇÃO

O ensino de Física e Química no nível médio desempenha um papel crucial no desenvolvimento cognitivo e na formação crítica dos estudantes, proporcionando-lhes uma compreensão sólida dos fundamentos científicos que permeiam o mundo em sua volta. Dentro desse contexto, a abordagem dos conceitos fundamentais, como substância, propriedades e transformação é de extrema importância para que os estudantes compreendam como coisas simples do dia a dia funcionam, segundo Bachelard (1996) “o substancialismo se relaciona à explicação monótona das propriedades da substância. Assim, se atribui às substâncias qualidades diversas, estando tais qualidades presentes no interior das próprias substâncias.” A



compreensão desses conceitos não apenas fornece aos estudantes as ferramentas necessárias para interpretar fenômenos naturais, mas também os capacita a participar ativamente na sociedade, compreendendo questões científicas relacionadas a processos industriais, meio ambiente e saúde. Nesse sentido, a presente pesquisa busca analisar a compreensão dos estudantes do ensino médio em relação aos conceitos de substância, propriedades e transformação, identificando lacunas de conhecimento e propondo contribuições significativas para o aprimoramento do ensino de física e química.

Esta pesquisa visa fornecer informações valiosas para educadores, currículo escolar e políticas educacionais nos dias atuais, segundo Nunes e Adori (2010) “Na sociedade atual evidencia-se uma alta dose de informações, que nem sempre são devidamente tratadas. A escola tem se tornado responsável por atender a essa demanda dos educandos. Nesse sentido, grande parte desta tarefa cabe ao profissional professor que, no desenvolvimento do conhecimento técnico científico, tem de desenvolver cada vez mais habilidades em seus alunos, o que requer, em muitos casos, um trabalho amplo e contextualizado”. O entendimento aprofundado de determinados temas da Física e Química, podem ajudar a enfrentar obstáculos que os estudantes podem encontrar, assim abandonar tais conceitos, permitirá a concepção de estratégias pedagógicas mais eficazes, que promovam uma aprendizagem significativa e duradoura.

Esta pesquisa não apenas destaca a importância intrínseca dos conceitos de substância, propriedades e transformação no ensino de ciências segundo Silva e Amaral (2013) “a ideia da substância relacional se dá a partir da concepção de que na natureza não se encontram substâncias isoladas que não interajam com o seu meio”. Porém, busca oferecer subsídios tangíveis para aprimorar a qualidade do ensino, promovendo uma educação científica mais acessível, interessante, envolvente e relevante para os estudantes do ensino médio.

2 OBJETIVO GERAL

O propósito deste artigo consiste em analisar o conhecimento prévio e o grau de compreensão dos alunos do primeiro ano do ensino médio em relação a conceitos fundamentais de física e química, os quais foram introduzidos no nono ano do ensino fundamental e aprofundados no primeiro ano do ensino médio. Estes conceitos incluem substância, propriedades e transformações. Além disso, busca-se apresentar e discutir os resultados obtidos no processamento de gráficos provenientes das respostas dos questionários aplicados.

Os objetivos específicos são:

- Analisar o nível de compreensão dos estudantes com relação aos conceitos fundamentais de física e química abordados no contexto educacional.
- Investigar as bases conceituais que os alunos trazem consigo como conhecimento prévio para o novo ciclo de aprendizado.



- Apresentar e discutir de maneira detalhada os resultados obtidos a partir do processamento de gráficos gerados a partir das respostas dos questionários aplicados.

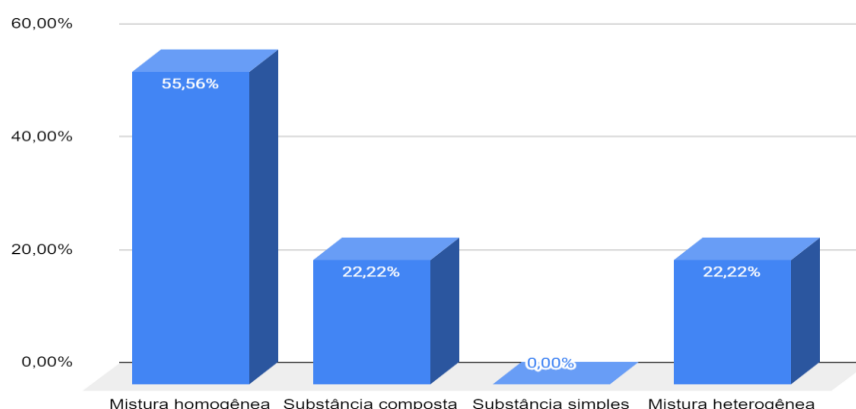
3 METODOLOGIA

Esta pesquisa ocorreu no dia 25 de agosto de 2023 (sexta-feira), das 14 às 17 horas da tarde, com 120 alunos do 1º ano do ensino médio que estavam presentes. Por meio de uma extensão aplicada em uma escola Cidadã Integral Orlando Venâncio dos Santos, no município de Cuité-PB. Com o principal objetivo de investigar a concepção dos alunos acerca dos fenômenos físico-químicos sobre substâncias, propriedades e transformações. Para isso fizemos uma entrevista com cada estudante individualmente em que eles responderam um questionário com 9 (nove) questões objetivas de múltipla escolha e a décima questão contava com quatro perguntas abertas. A análise dos resultados se deu quantitativamente.

4 DESENVOLVIMENTO

Neste estudo, foi observado que uma considerável parcela de alunos enfrenta desafios significativos ao interpretar os conceitos fundamentais da física e da química (Gráfico 1). Essa dificuldade pode ser atribuída a uma série de fatores, que vão desde a complexidade intrínseca desses conceitos até as abordagens pedagógicas empregadas nas salas de aula. A compreensão inadequada desses fundamentos científicos não apenas compromete o desempenho acadêmico dos estudantes, mas também mina sua capacidade de aplicar esses conhecimentos em contextos práticos, essenciais para a formação integral e cidadania consciente.

Gráfico 1. Concepções sobre a natureza da composição da gasolina.



Fonte: Dados da pesquisa, 2023.

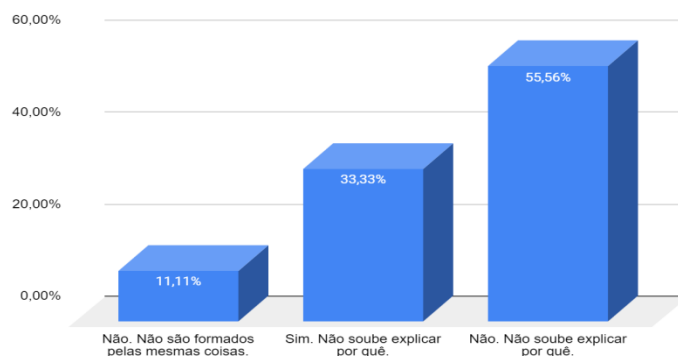
O Gráfico 1 mostra a distribuição das respostas para o questionamento sobre a natureza da composição da gasolina. De acordo com Lisboa (2010) “quando uma substância é adicionada a outra, elas deixam de ser puras e passam a ser as substâncias de um novo sistema chamado de mistura”. A gasolina é uma mistura homogênea de hidrocarbonetos onde o octano possui maior percentual na composição. De



acordo com o gráfico 1, aproximadamente 56% dos entrevistados marcaram a alternativa correta (*mistura homogênea*) e 44% marcaram outras alternativas. A alternativa (*substância composta*) obteve aproximadamente 22% das respostas o que pode indicar que os discentes mesmo tendo a afirmação no enunciado de que a gasolina é formada por hidrocarbonetos, o senso comum pode afirmar, pelos aspectos físicos, que a gasolina não possui outros componentes tratando-se de uma substância pura. 22% dos entrevistados responderam que a gasolina é uma (*mistura heterogênea*), o que expõe uma necessária recapitulação desse conceito.

A gasolina é um combustível de composição complexa e variada, que inclui centenas de hidrocarbonetos de diferentes tipos e estruturas. Esses hidrocarbonetos possuem, em geral, de 4 a 12 átomos de carbono por molécula (REBOUÇAS, 2003). Segundo Marshall, um combustível composto apenas por isoctano tem um número de octano de 100 (100 NO), e um composto por heptano de 0 (0 NO). Conforme o Gráfico 2 mostra a pesquisa que foi realizada sobre, se uma molécula de octano possui as mesmas propriedades de uma amostra de gasolina, entre os entrevistados 55,56% afirma que a molécula de octano não possui as mesmas propriedades da gasolina, mas não souberam explicar o porquê, 33,33% afirmou que sim, que a molécula de octano possui as mesmas propriedades da gasolina, mas não souberam explicar o porque, os outros 11,11% concordam que não, pois não são formados pelas as mesmas moléculas.

Gráfico 2. Concepções sobre se uma molécula de octano possui as mesmas propriedades de uma amostra de gasolina.



Fonte: Dados da pesquisa, 2023.

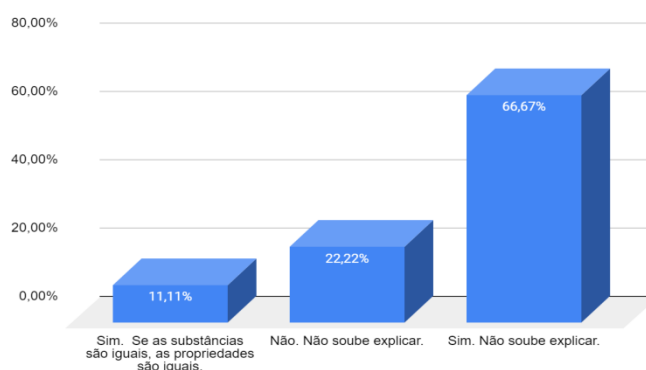
A Física e Química, como disciplinas científicas, frequentemente envolvem conceitos abstratos e processos complexos, tornando-se desafiadoras para muitos estudantes. A transição de uma compreensão superficial para uma compreensão mais profunda requer não apenas a assimilação de informações, mas também a capacidade de relacionar esses conceitos com fenômenos do mundo real. O ensino dessas disciplinas deve, portanto, buscar estratégias que tornem os conceitos mais acessíveis, utilizando abordagens práticas, experimentos e aplicações cotidianas.

O ferro é um metal de transição localizado no grupo 8 da Tabela Periódica, um elemento químico que apresenta o símbolo Fe, número atômico 26 e massa atômica 55,847u. O ferro é encontrado em minérios



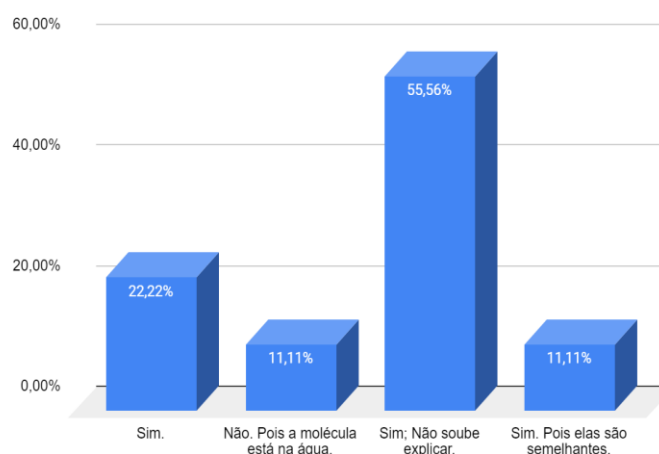
principalmente na forma de óxidos e hidróxidos sendo o metal mais utilizado no mundo e o mais exportado do Brasil o principal uso do ferro é para produção de aço, utilizado, por exemplo, na construção civil, fabricação de carros e eletrodomésticos. Segundo Atkins e Jones (2006). *"Toda a matéria é feita de várias combinações de formas simples da matéria, chamadas elementos químicos. Um elemento é uma substância formada por um único tipo de átomo."* O Gráfico 3 representa a quantidade de entrevistados que responderam à seguinte pergunta: "Propriedades como condutividade elétrica e térmica, densidade e ponto de fusão, características de uma amostra de ferro são mantidas em um átomo de ferro? Por quê?". Cerca de 66,67% responderam que Sim, mas não souberam explicar o porquê, 22,22% respondeu que não, mas também sem explicação, e os demais 11,11% responderam que sim, que se as substâncias são iguais, as propriedades são iguais.

Gráfico 3. Concepções sobre as propriedades de um metal.



Fonte: Dados da pesquisa, 2023.

Gráfico 4. Concepções sobre as propriedades de uma molécula.



Fonte: Dados da pesquisa, 2023.

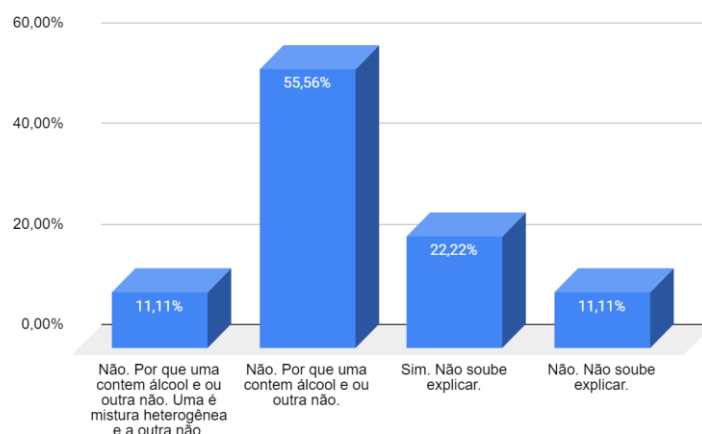
A molécula de água (H_2O) é formada pelo grupamento de dois átomos de hidrogênio e um átomo de oxigênio. A capacidade térmica da água é bem elevada ($1 \text{ cal/}^{\circ}\text{C}$), quando comparada com a maioria das



substâncias conhecidas ($< 1 \text{ cal}^{\circ}\text{C}$), a água é capaz de adquirir ou perder muito mais calor que outras substâncias comuns, quando submetida à mesma temperatura. As propriedades físicas são aquelas que não mudam a identidade de uma substância. As propriedades químicas são aquelas que mudam a identidade de uma substância. As propriedades extensivas dependem da massa da amostra, ao contrário das propriedades intensivas. A precisão de uma medida indica o quão próximo elas estão umas das outras, enquanto a acurácia de uma medida indica o quão próximo a média das medidas está do valor real (ATKINS; JONES, 2006). No Gráfico 4, 55,56% dos entrevistados responderam que Sim, mas não souberam explicar, 22,22% alegaram apenas que Sim, outros 11,11% afirmaram que Não. Pois a molécula está na água. E os demais 11,11% concordaram, que Sim. Pois elas são semelhantes.

Na questão 5 (Gráfico 5), em que a pergunta era “Sabe-se que a gasolina que consumimos como combustível automotor possui, pela legislação brasileira, uma certa quantidade de álcool. Duas amostras de gasolina uma com e outra sem álcool possuem as mesmas propriedades químicas? Por quê?”, cerca de 66,67% respondeu corretamente, pois se uma amostra de gasolina tem álcool e a outra não, terão substâncias e propriedades diferentes. 11,11% dos alunos ainda responderam corretamente, logo, não explicaram o motivo de sua resposta. E 22,22% respondeu errado. De acordo com Fonseca (2013) *“Um material qualquer pode ser considerado uma substância quando possui todas as suas propriedades definidas, determinadas e praticamente invariáveis nas mesmas condições de temperatura e pressão.”*

Gráfico 5. Concepções sobre as propriedades da gasolina.



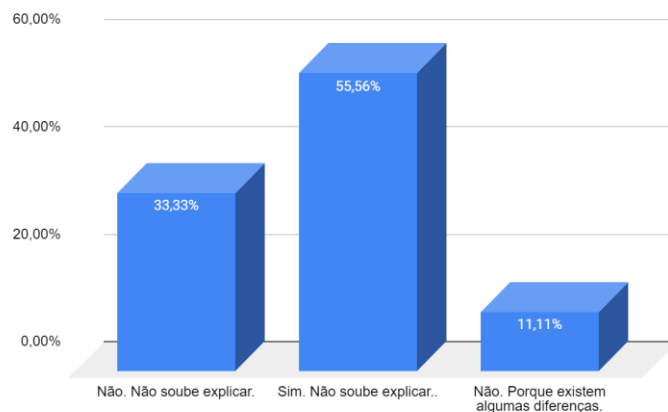
Fonte: Dados da pesquisa, 2023.

As gasolinas comercializadas hoje em dia são formuladas por misturas dessas correntes em proporções variáveis para atingir as especificações dos órgãos reguladores, que no caso do Brasil é a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP, 2001). Na questão 6 (Gráfico 6), foi perguntado se as moléculas e a substância de um mesmo material possuem as mesmas propriedades químicas e físicas. Teoricamente, nenhum aluno acertou, pois o correto seria responder químicas. 55,56%



dos alunos responderam que sim, mas não souberam explicar, e 44,44% dos alunos responderam que não, e também não souberam explicar.

Gráfico 6. Concepções sobre as propriedades de moléculas e substâncias.

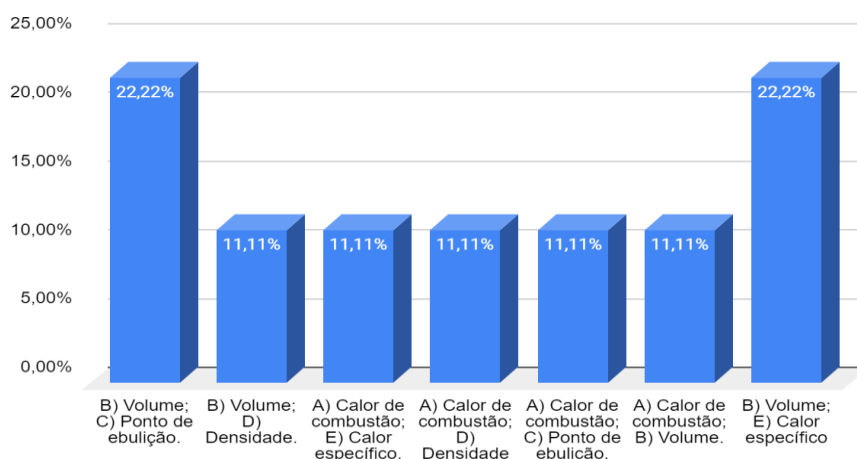


Fonte: Dados da pesquisa, 2023.

Percebe-se claramente uma dificuldade na compreensão desses fenômenos. Além disso, as dificuldades podem ser exacerbadas por metodologias de ensino desatualizadas ou desconectadas das necessidades e interesses dos estudantes. A falta de recursos educacionais, laboratórios equipados e a aplicação prática dos conhecimentos adquiridos podem contribuir para uma lacuna entre o conteúdo acadêmico e sua aplicação na vida real. Dessa forma, é crucial repensar as estratégias pedagógicas, integrando métodos inovadores que estimulem a curiosidade, a participação ativa e a aplicação prática dos conceitos científicos.

Na questão 7, a pergunta foi de qual das propriedades, mencionadas a seguir, dependem da quantidade de massa de uma mesma amostra de álcool. Os alunos ficaram muito divididos em relação às alternativas, que existiam duas respostas corretas. De acordo com o Gráfico 7, apenas 11,11% respondeu a questão corretamente e 88,89% respondeu uma alternativa correta e errou a outra. De acordo com Fonseca (2013) a ebulição ocorre a uma determinada temperatura (que varia com a pressão atmosférica local) e é característica de certas espécies de matéria.

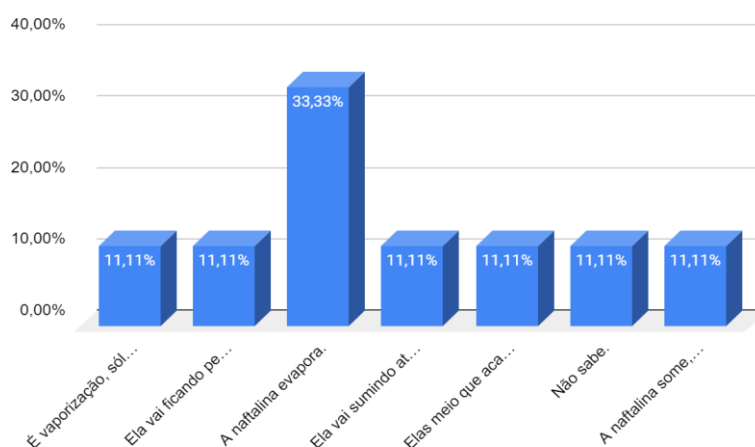
Gráfico 7. Concepções sobre as propriedades físicas.



Fonte: Dados da pesquisa, 2023.

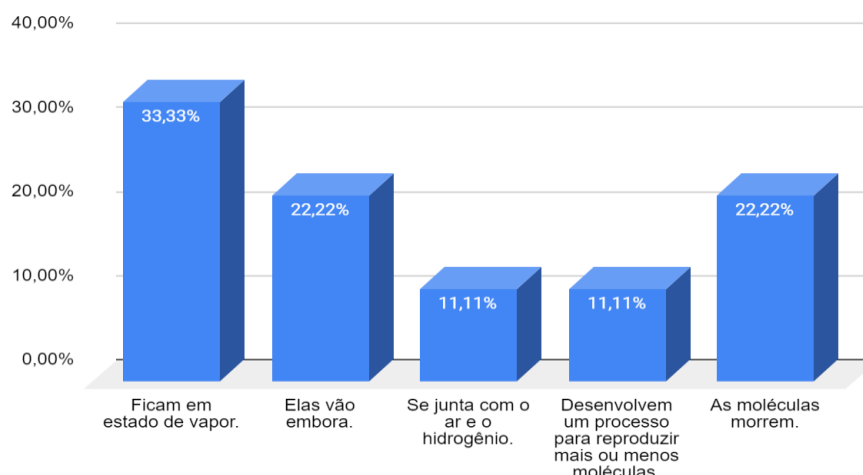
O Gráfico 8 mostra a distribuição das respostas para o questionamento, ‘*Como você explica a diminuição do tamanho da bolinha de naftalina com o passar do tempo?*’. De acordo com Fonseca (2013) “*A transformação de um material que passa do estado sólido para gasoso é denominada sublimação [...], quando levemente aquecida a naftalina sofre sublimação*”. Para análise das respostas classificamos em duas categorias: parcialmente corretas e incorretas. De acordo com o gráfico 1, na categoria parcialmente correta, estão 11,11% das respostas dos entrevistados, um exemplo das respostas fornecidas foi “*É vaporização, sólido para o gasoso*” (E1). Na categoria incorreta, aproximadamente 33% dos entrevistados afirmaram que a naftalina passa pelo processo de *vaporização*, 11,11% disseram que a *naftalina derrete por causa do calor* e outros 44,89% explicaram por outros conceitos. Já o Gráfico 9 mostra a repartição das respostas sobre o questionamento “*Durante a diminuição da naftalina o que acontece com as moléculas de naftaleno?*”.

Gráfico 8. Comparações sobre o fenômeno físico da sublimação.



Fonte: Dados da pesquisa, 2023.

Gráfico 9. Concepções sobre o fenômeno físico da sublimação.



Fonte: Dados da pesquisa, 2023.

Sobre a Lei de Conservação das Massas e a visão molecular no processo de sublimação da naftalina podemos afirmar:

Lavoisier também explicou corretamente que a aparente perda de massa que acompanha a perda de materiais, como carbono grafita e o papel, ocorre porque os produtos de combustão são gasosos e abandonam o sistema; porém, se as massas de todas as substâncias envolvidas em uma reação química são consideradas, não há, no balanço final, perda ou ganho de massa. (FONSECA, 2013, p. 91)

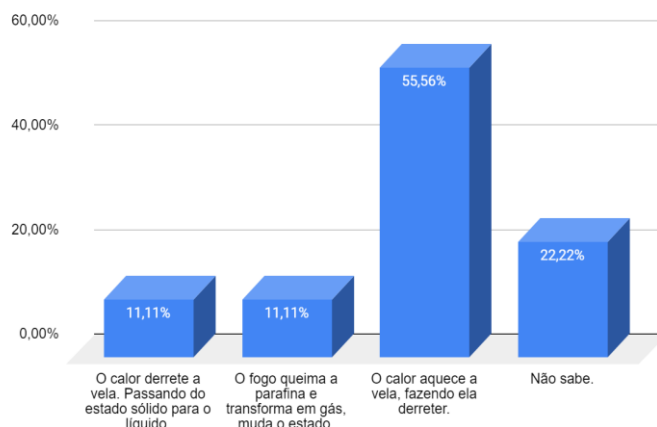
De acordo com Fonseca (2013) “*Joseph Priestley [...], supôs que o novo gás se encontrava presente na atmosfera, que, portanto, deveria ser composta de uma mistura de gases*”. De acordo com o Gráfico 1, aproximadamente 33% dos entrevistados responderam de forma correta e outros 67% responderam incorretamente. De acordo com o Gráfico 9, na categoria correta, 33,33% dos entrevistados disseram que as moléculas de naftaleno “*ficam em estado de vapor*”. Na categoria incorreta, para 44,44% dos entrevistados as moléculas *morrem* ou *vão embora*. Outros 22,22% das respostas dos entrevistados, estão os seguintes exemplos de respostas que foram fornecidas, exemplo 1: “*Desenvolvem um processo para reproduzir mais ou menos moléculas*” e, exemplo 2: “*Se junta com o ar e o hidrogênio*”.

O Gráfico 10 mostra a distribuição das respostas para o questionamento “*Como você explica o fenômeno da vela?*”. De acordo com Giordan (1999) “*É de consenso de professores e pesquisadores de química que atividades experimentais auxiliam na consolidação do conhecimento, além de ajudar no desenvolvimento cognitivo do aluno*”. Para análise das respostas para esse questionamento, classificamos em duas classes: *não souberam responder*, *parcialmente correta*; e a subclasse *parcialmente correta objetiva*. De acordo com o gráfico 10, na categoria de respostas parcialmente 77,78% e outras 22,22% não responderam. Na categoria parcialmente correta, 11,11% explicaram “*O calor derrete a vela. Passando do estado sólido para o líquido*”. Para 11,11%, “*O fogo queima a parafina e transforma em gás, muda o*



estado”. Na categoria subclasse, aproximadamente 55% responderam o que ocorre com a vela, sem mais explicações sobre o processo físico. E outros 22,22% não souberam responder.

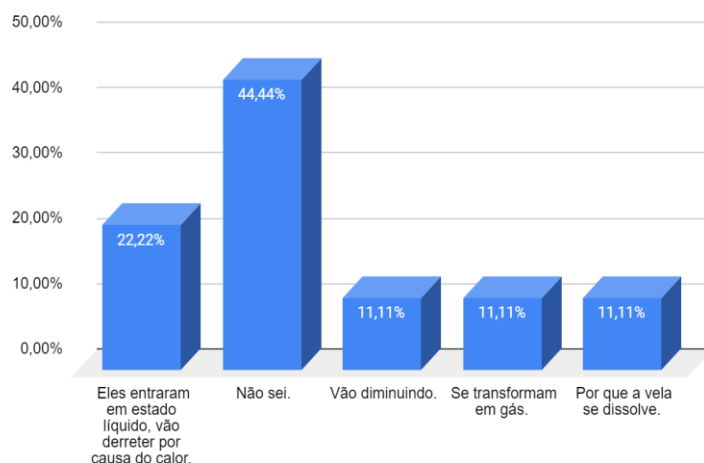
Gráfico 10. Concepções sobre o fenômeno da combustão da vela.



Fonte: Dados da pesquisa, 2023.

O Gráfico 11 mostra a repartição das respostas para o questionamento: “O que acontece com as moléculas de parafina?”. De acordo com Fonseca (2013) “O ponto de fusão é caracterizado pela mudança do material do estado sólido para o estado líquido e o ponto de ebulição é caracterizado pela mudança do material do estado líquido para o estado de vapor.” De acordo com o gráfico 11, categorizamos as respostas em: *parcialmente correta*, *incorreta* e *não souberam responder*. Na categoria *parcialmente correta* estão aproximadamente 33% das respostas dos entrevistados, que não responderam de forma integral ao fenômeno. Na categoria *incorreta* estão cerca de 23% das respostas. Na categoria *não souberam responder* está aproximadamente 44% dos entrevistados, que não souberam responder o que acontece com as moléculas de parafina.

Gráfico 11. Concepções sobre a parafina na combustão da vela.

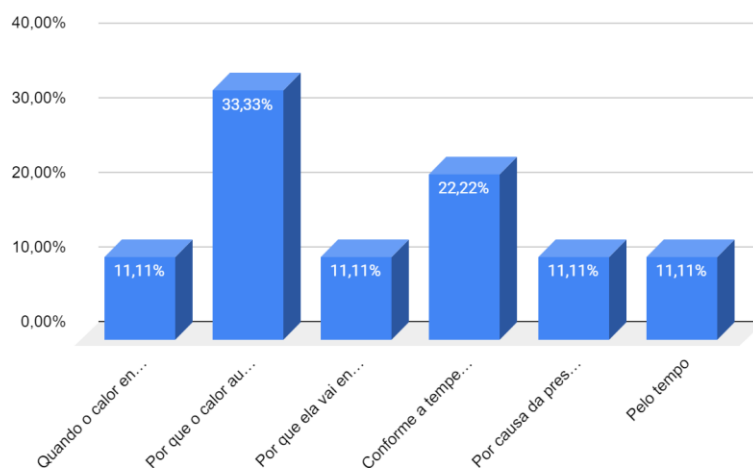


Fonte: Dados da pesquisa, 2023.



O Gráfico 12 mostra a distribuição das respostas para o seguinte questionamento relacionado à combustão da vela, “*Por que ocorre diminuição de massa?*”. De acordo com o gráfico 12, vemos uma disparidade entre as respostas, cada uma com sua particularidade, por isso, neste caso, analisaremos por barra, porém analisando sob as categorias: *correta*, *parcialmente correta* e *incorreta*. Na categoria *parcialmente correta*, aproximadamente 33% das respostas dos entrevistados foram: “*Por que o calor aumenta. Ela tá sólida passando para o estado líquido*”. Os 22,22% responderam de maneira objetiva, sem apresentar os estados físicos. Na categoria *correta*, estão os primeiros 11,11% que responderam de forma mais completa, fornecendo as seguintes respostas: “*Quando o calor entra em contato com a parafina, a temperatura vai fazer ela derreter. Entrando em estado gasoso.*” Os restantes das respostas, somando 33,33%, correspondem a categoria *incorreta*.

Gráfico 12. Concepções sobre a diminuição de massa na combustão da vela.



Fonte: Dados da pesquisa, 2023.

O Gráfico 13 mostra a distribuição das respostas para o seguinte questionamento relacionado à combustão da vela: “*De onde vem o calor da vela?*” “*Nesta categoria não há interação entre a substância combustível e o oxigênio/ar. O oxigênio/ar pode ser reconhecido ou não como necessário para a combustão e aí sendo necessário para manter a chama viva.*” (WATSON, PRIETO e DILON, 1997). Para analisarmos as respostas, dividi-las-emos por categorias, sendo elas: *correta* e *parcialmente correta*. Na categoria *parcialmente correta*, 44,44% das respostas dos entrevistados foram: “*Do pavio que tem dentro da vela*”. E 11,11% dos entrevistados responderam que o calor vem “*Do vapor da vela*”. Na categoria *correta*, 22,22% responderam que “*O calor da chama vem da própria parafina*”. Na categoria *incorreta*, 22,22% dos entrevistados responderam que o calor vem “*Do oxigênio*”.

Por fim, abordar essas dificuldades requer uma colaboração estreita entre educadores, pesquisadores e formuladores de políticas educacionais. A implementação de abordagens pedagógicas diferenciadas, a



promoção de ambientes de aprendizagem interativos e a atualização constante do currículo são passos fundamentais para superar os desafios observados neste estudo. Ao fazê-lo, podemos não apenas melhorar a compreensão dos conceitos básicos de física e química, mas também inspirar uma geração de estudantes a se tornarem pensadores críticos e participantes ativos na construção do conhecimento científico.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados apresentados nos gráficos, é evidente que há lacunas significativas no entendimento dos alunos em relação a conceitos fundamentais de química. Questões relacionadas a misturas, substâncias, propriedades, moléculas e processos físicos demonstram a necessidade de revisão e aprofundamento desses temas.

Os dados sugerem que os alunos enfrentam desafios particulares ao compreenderem a distinção entre processos químicos e físicos, propriedades de substâncias e a natureza molecular da matéria. A importância de atividades experimentais para consolidar conceitos também é ressaltada, especialmente diante da porcentagem significativa de respostas inadequadas na categoria "não souberam responder".

Portanto, recomenda-se uma abordagem pedagógica mais prática, de forma mais dinâmica e contextualizada, focada em atividades experimentais e exemplos concretos para fortalecer a compreensão dos alunos. Além disso, é crucial enfatizar a importância da base conceitual para promover uma compreensão mais sólida e aplicada dos princípios físicos e químicos.



REFERÊNCIAS

- ATKINS, P.; JONES, L. Princípios de Química: Questionando a Vida Moderna e o Meio Ambiente. 3. Ed. Porto Alegre: Bookman, p. 32-33, 2006.
- BACHELARD, G. A filosofia do não. 2. ed. São Paulo: Abril Cultural, 1984. (Coleção Os pensadores).____. A Formação do Espírito Científico. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.
- BATISTA, C. Ferro (Fe): O Que É, Propriedades, Usos E Obtenção Do Metal. O Que É, Propriedades, Usos E Obtenção Do Metal. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/ferro/>. Acesso em: 01 set. 2022.
- CLAVICO, A. S. G. et. al. Propriedades Físicos: Químicos Da Água. Químicos da água. 2005. Disponível em: <http://ole.uff.br/wp-content/uploads/sites/290/2017/11/PropriedadesH2O.pdf>. Acesso em: 01 set. 2022.
- FONSECA, M. R. M. Química (Ensino Médio): Estados De Agregação Da Matéria. 1. ed - São Paulo: Ática, 2013.
- GIORDAN, M. O Papel da Experimentação no Ensino de Ciências. Química Nova na Escola, no.10, p. 43-49, 1999.
- LISBOA, J. C. F. Ser Protagonista, Química 1º Ano. 1ª edição, SM Edições. São Paulo, 2010.
- 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.
- RIBEIRO, K. D. K. F. Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/biologia/a-agua.htm>. Acesso em 01 de setembro de 2022 >.
- SILVA, J. R. R. T.; AMARAL, E. M. R. Proposta de um perfil conceitual para a substância. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, v. 13, n. 3, 2013.
- VARGAS, Y. R. Avaliação da Influência de Algumas Características Moleculares Sobre A Octanagem Dos Hidrocarbonetos Presentes Na Gasolina. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- WATSON, J. R.; PRIETO, T.; DILLON, J. Consistency of Students' Explanations about Combustion. Science Education, p.425-443, 1997.