

Poluição atmosférica enquanto proposta para o ensino de química

 <https://doi.org/10.56238/sevened2024.002-053>

Ana Paula de Souza Figueiredo

Mestranda em Ciências Naturais – Laboratório de Analítica, Metabolômica e Quimiometria – Universidade do Norte Fluminense Darcy Ribeiro e Instituto Federal do Espírito Santo
E-mail: apfigueiredo3@gmail.com

Maria Clara Rodrigues de Souza

Graduanda em Licenciatura em Química – Laboratório de Analítica, Metabolômica e Quimiometria – Instituto Federal do Espírito Santo e Instituto Federal Fluminense
E-mail: souzamariaclara913@gmail.com

Maria Cristina Canela

Professora de Química Analítica Ambiental – Grupo de Pesquisa em Química Ambiental – Universidade do Norte Fluminense Darcy Ribeiro
E-mail: mccanela@uenf.br

Adriely Valerio de Macêdo

Graduanda em Ciências Biológicas Bacharelado – Departamento de Ciências Biológicas - Universidade Federal do Espírito Santo
E-mail: adrielymacedo13@gmail.com

Mário Ferreira Conceição Santos

Professor de Química Orgânica – Laboratório de química orgânica e farmacognosia – Universidade Federal do Espírito Santo
E-mail: mariosantos408@gmail.com

Murilo de Oliveira Souza

Professor de Química e Bioquímica – Laboratório de Analítica, Metabolômica e Quimiometria – Instituto Federal do Espírito Santo
E-mail: murilo.souza@ifes.edu.br

RESUMO

O aumento da poluição atmosférica tem provocado efeitos nocivos sobre a fauna, a flora e alterações nos ciclos biogeoquímicos, tornando-se crucial a conscientização da sociedade na mitigação e redução destes poluentes no ar. Desta forma, a sensibilização ambiental durante a educação básica por meio da Química tem-se tornado decisiva para a formação social de toda comunidade. O objetivo deste trabalho foi aplicar uma abordagem interdisciplinar para o Ensino de Química na educação básica, por meio de uma oficina temática usando a plataforma Plickers como recurso tecnológico complementar para aplicação de questionários. Além disso, foi realizada uma gamificação (jogo de tabuleiro) para promover o ensino de forma mais interativa, dinâmica e descontraída, despertando um maior interesse entre os alunos. Por fim, os resultados obtidos auxiliaram no processo de ensino-aprendizagem, destacando novas habilidades dos alunos que muitas vezes ficam omissas no ensino tradicional.

Palavras-chave: Ensino de Química, Química Atmosférica, TIC.

1 INTRODUÇÃO

A interferência antrópica nos sistemas básicos de manutenção da vida na Terra vem danificando o meio ambiente com efeitos nocivos sobre a fauna, a flora e alterações nos ciclos biogeoquímicos (Bowler *et al.*, 2020; Lima *et al.*, 2022). A crescente poluição do ambiente, as mudanças climáticas e a desigualdade ambiental estão cada vez mais evidentes no dia a dia da sociedade (Rosetto; Gregório e Raupp, 2022; Souza *et al.*, 2023). De acordo com o Instituto Nacional de Câncer, a poluição do ambiente pode estar correlacionada com cerca de 19 % dos registros anuais de diferentes doenças como o câncer, o que justifica o desenvolvimento de políticas públicas de proteção ao meio ambiente (Ministério da Saúde, 2021).

Dentre os diferentes compartimentos ambientais (água, solo e ar atmosférico), a poluição da atmosfera é a que mais tem causado efeitos nocivos à população; além do maior número de óbitos (Landrigan *et al.*, 2018). Assim, torna-se crucial avaliar as diferentes substâncias poluentes presentes no ar, além de identificar suas fontes de emissão e, assim, criar um diagnóstico que minimize a liberação destes poluentes a nível local e global Li *et al.*, 2020; Vieira *et al.*, 2023).

As ações de sensibilização da sociedade para a preservação ambiental devem estar continuamente ligadas à educação básica, permitindo a construção do pensamento crítico, a fim de envolver os sujeitos nos desafios da sociedade contemporânea (De Oliveira *et al.*, 2016). De acordo com a competência 2, proposta pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para o ensino de ciências, é essencial que as escolas estimulem o exercício da curiosidade intelectual dos alunos, para que assim, possa ocorrer a constante atividade de reflexão e análise crítica dos mesmos (Brasil, 2018). Sendo assim, estudar a química ambiental e os fenômenos químicos ocorridos na atmosfera, torna-se de suma importância para a formação social, profissional e consciente dos sujeitos durante a educação básica.

Vale destacar que o processo de ensino e aprendizagem dos conteúdos de Química deve integrar conhecimentos interdisciplinares significativos para os desenvolvimentos sociais, econômicos, políticos e ambientais (Tavares *et al.*, 2021; Diniz *et al.*, 2021). Neste sentido, a temática ambiental discutida nas aulas de Química do Ensino Médio, auxilia no desenvolvimento de valores sociais, comportamentos e atitudes que favorecem o senso crítico do aluno, fortalecendo a consciência de suas ações presentes e futuras na vida individual e coletiva da sociedade (De Oliveira *et al.*, 2016; Mendonça, 2015).

Entretanto, a complexidade dos conteúdos de química, o ambiente educacional e às condições as quais os assuntos são debatidos podem ser o maior desafio em despertar o interesse dos alunos para esta componente curricular (Silva *et al.*, 2021). Dessa forma, o uso de ferramentas tecnológicas (Tecnologias de Informação e Comunicação - TIC) como recurso complementar à formação dos discentes pode ser um facilitador para tornar o ensino de conceitos científicos mais claros, interativos,

atrativos e contextualizados com a realidade do aluno (Dionízio *et al.*, 2019). Além disso, estas metodologias fortalecem a democratização do acesso ao ensino e à tecnologia, o que permite que os alunos se apropriem das informações disponibilizadas (Dionízio *et al.*, 2018; 2019). Somados a isso, a gamificação tem sido uma estratégia educacional que permite tornar tarefas ou atividades, normalmente tediosas ou pouco interessantes, em algo divertido e desafiador para os alunos. Além disso, esta metodologia permite o engajamento dos alunos, melhorando o aprendizado e destacando novas habilidades que ficam omissas no ensino tradicional (Leite, 2020).

Portanto, o objetivo deste trabalho foi abordar de maneira interdisciplinar os conteúdos de Química com as problemáticas ambientais acerca da poluição atmosférica, junto aos alunos do Ensino Médio do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense *Campus* Itaperuna – RJ. Com isso, foi realizada uma oficina no VI Congresso de Interdisciplinaridade do Noroeste Fluminense (VI CONINF - 2022), utilizando o aplicativo *Plickers* como recurso tecnológico complementar para aplicação dos questionários antes e após a oficina. Ao final, foi aplicado um jogo de tabuleiro para abordar os conteúdos da oficina de forma interativa, dinâmica e descontraída.

2 METODOLOGIA

2.1 DEFINIÇÃO DA ESCOLA CAMPO

As atividades propostas foram realizadas no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense *Campus* Itaperuna – RJ. A pesquisa foi realizada com os alunos do Ensino Médio Integrado ao Curso Técnico em Química, para que fosse possível avaliar as diferentes perspectivas dos alunos nesta fase da educação básica; além de verificar a eficiência da interdisciplinaridade abordada nas componentes curriculares do curso Técnico em Química.

2.2 APLICAÇÃO DA OFICINA TEMÁTICA

As etapas realizadas durante a oficina temática estão listadas abaixo:

- i. Aplicação do questionário inicial usando a plataforma *Plickers* para avaliar o conhecimento dos alunos antes da oficina.
- ii. Apresentação dos conteúdos teóricos sobre Química Atmosférica de maneira expositiva e dialogada. Destaca-se que os conteúdos abordados foram apresentados com diferentes de imagens, exemplos de fenômenos químicos, elementos, moléculas, entre outros, para que os alunos pudessem correlacionar os conteúdos teóricos ao seu cotidiano.
- iii. Realização da gamificação (atividade lúdica por meio de um jogo de tabuleiro) aplicando questões abordadas durante a oficina temática.
- iv. Aplicação do questionário final usando a plataforma *Plickers* para avaliar o conhecimento que os alunos alcançaram com a oficina.

A Figura 1 apresenta o jogo de tabuleiro realizado com os alunos durante a oficina temática. As imagens das perguntas e charadas utilizadas no jogo estão apresentadas na Figura 1S do Material Suplementar.

Figura 1: Jogo de tabuleiro.



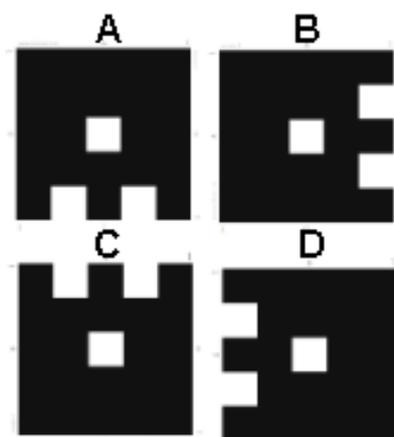
Fonte: Autoria própria (2023).

2.3 COLETA E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS (USO DA PLATAFORMA *PLICKERS*)

Para a aplicação dos questionários inicial e final foi utilizada a plataforma *Plickers*, a fim de ambientar um momento de interação entre os sujeitos, além de incentivar a argumentação e o saber científico. A plataforma *Plickers* é uma ferramenta que administra testes rápidos, permitindo que o professor escaneie as respostas e conheça em tempo real o desempenho da turma quanto aos conceitos abordados em uma aula.

Dessa forma, foram distribuídos diferentes *QR Codes* aos alunos. Estes códigos, dependendo da posição a qual estão dispostas, representam uma letra no questionário lúdico que foi realizado. Todos os códigos foram gerados pela própria plataforma. As respostas dos alunos foram escaneadas pelo celular do professor e o próprio aplicativo salvou os dados de maneira automática, contabilizando o desempenho por meio de gráficos. A Figura 2 exemplifica as quatro posições (A, B, C e D) para respostas dos *QR Codes* gerados pela plataforma, onde a letra que permanece no topo corresponde à questão proposta.

Figura 2: Exemplo do *QR Code* gerado pela plataforma *Plickers*.



Fonte: Plataforma *Plickers* (2023).

A plataforma *Plickers* gera dados em forma de porcentagem, identificando as respostas de cada participante. Os resultados foram avaliados a partir destes dados e serão apresentados na próxima seção. A plataforma *Plickers* está disponível gratuitamente em <https://www.plickers.com/>.

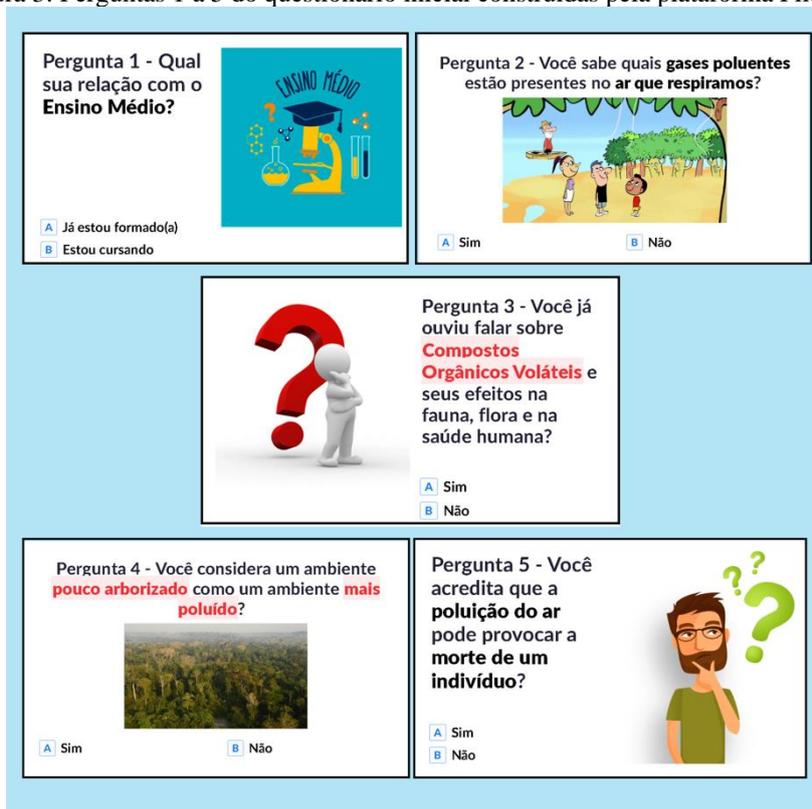
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 QUESTIONÁRIO INICIAL

Para compreender o conhecimento prévio dos alunos sobre os assuntos abordados na oficina foi proposto um questionário inicial por meio da plataforma *Plickers* (Figuras 3 e 5). Foram trabalhadas 10 perguntas optativas e as questões foram elaboradas a nível de Ensino Médio e de conhecimentos gerais. Como o questionário não foi nomeado, os alunos foram marcados com números de 1 a 18. Cabe ressaltar que o aluno 18 não esteve presente durante o início do questionário, logo, este não respondeu às três primeiras perguntas.

As perguntas 1 a 5 (Figura 3) foram realizadas com o intuito de verificar o conhecimento dos alunos sobre os efeitos da poluição atmosférica.

Figura 3: Perguntas 1 a 5 do questionário inicial construídas pela plataforma Plickers.

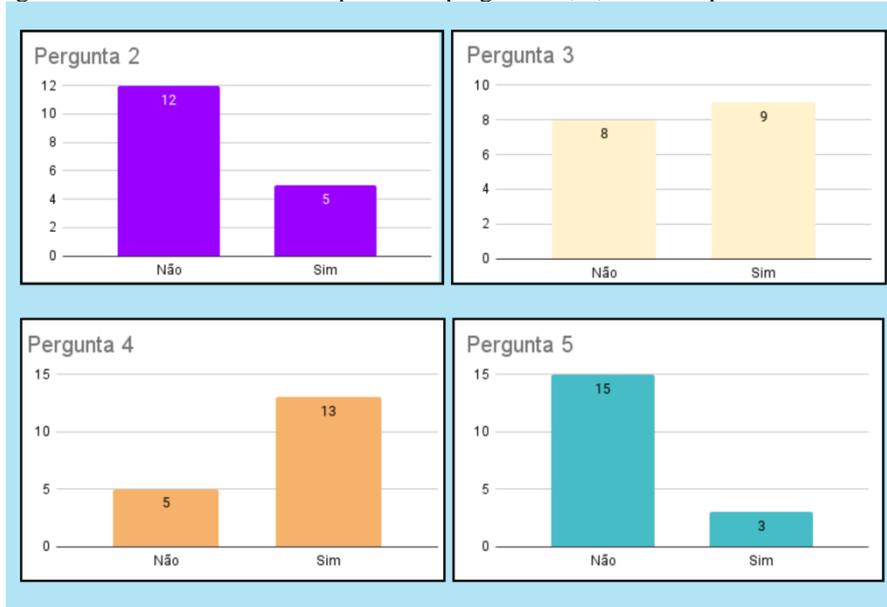


Fonte: Autoria própria (2023).

A pergunta 1 possibilitou avaliar o grau de escolaridade dos alunos presentes, onde de 17 respondentes, 16 ainda estão cursando o Ensino Médio.

As perguntas 2 a 4 ressaltam questões importantes e que estão presentes no cotidiano dos alunos. No entanto, estes assuntos são transpassados de maneira rápida e sem ênfase durante a formação básica, não transitando sobre as questões químicas envolvidas. A Figura 4 apresenta os resultados das perguntas 2 a 5, demonstrando como os alunos estão integrados aos assuntos abordados e como enxergam a problemática proposta.

Figura 4: Gráficos elaborados a partir das perguntas 2, 3, 4 e 5 do questionário inicial.



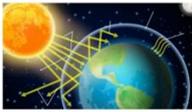
Fonte: Autoria Própria (2023).

A partir da pergunta 2, pode-se observar que a maioria dos alunos (12 deles, 70%) não está ciente quanto às substâncias que estão presentes no ar que respiramos. Este fato comprova que, apesar de pertencer à uma temática global e atual, estes estudantes não recebem informações necessárias durante sua formação ou não estão atentos ao que acontece ao seu redor. Esta afirmativa também concorda com os resultados da pergunta 5, visto que 15 alunos (83%) acreditam que a poluição atmosférica não pode provocar a morte de um indivíduo. Dados da Organização Mundial de Saúde (OMS) indicam que a exposição à poluição do ar está associada a 4,2 milhões de mortes prematuras a cada ano (Karimi e Shokrinezhad, 2021). É notório que o assunto é pertinente a toda sociedade, no entanto, mesmo com tantas consequências evidentes, a poluição atmosférica ainda é “invisível” e, desta forma, grande parte da população acaba não conseguindo correlacionar seus efeitos à saúde humana, à fauna e à flora.

Por fim, as respostas obtidas da pergunta 4 demonstram que os alunos reconhecem a importância de um ambiente arborizado, mesmo diante das desinformações oriundas das *fake news* a respeito de queimadas e desmatamento.

As perguntas 6, 7, 8, 9 e 10 (Figura 5) abordam questionamentos mais pontuais sobre o tema da oficina, a fim de avaliar junto ao questionário final o que os alunos já entendiam e o que agregaram sobre os conceitos trabalhados.

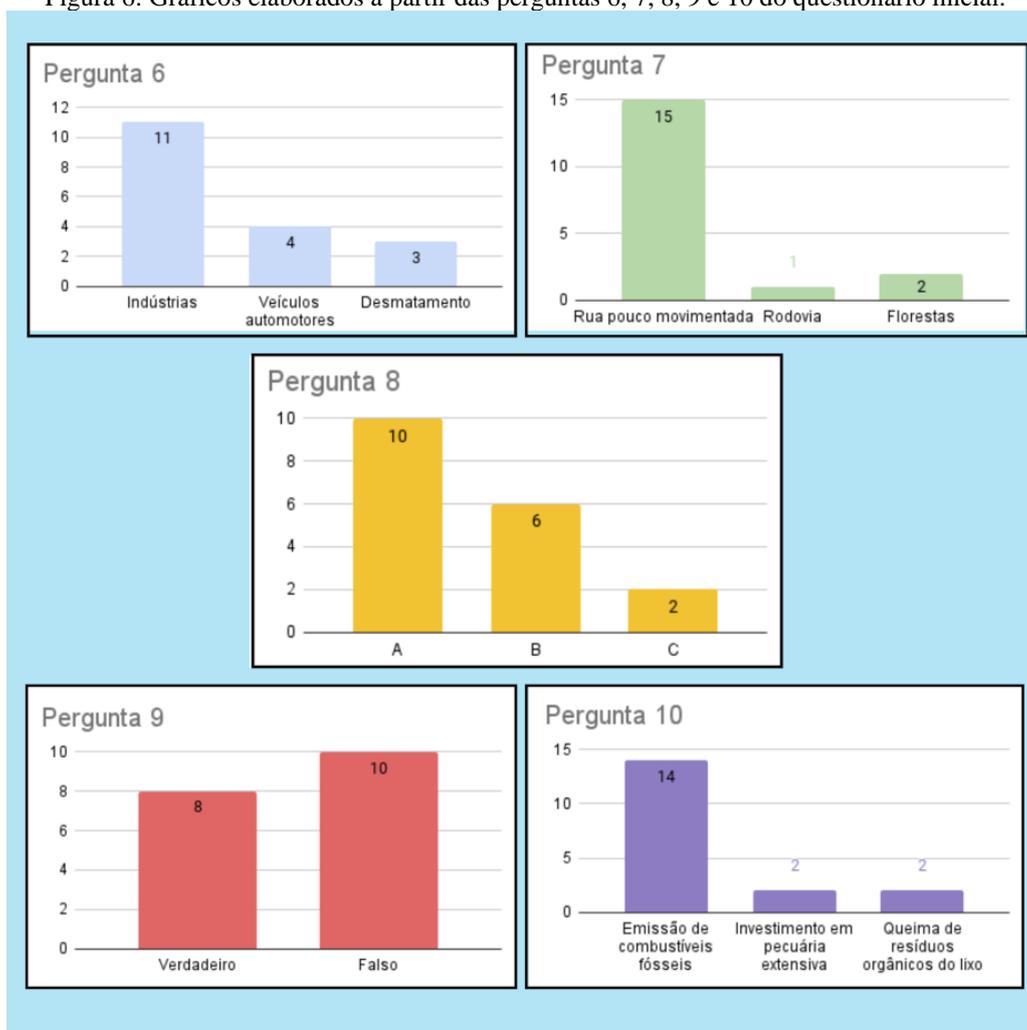
Figura 5: Perguntas 6 a 10 do questionário inicial construídas pela plataforma *Plickers*.

<p>Pergunta 6 - Assinale a opção que MENOS contribui para a poluição atmosférica?</p>  <p>A Indústrias B Coleta seletiva do lixo C Desmatamento D Veículos automotores</p>	<p>Pergunta 7 - Qual local a seguir poderia conter uma atmosfera mais poluída?</p>  <p>A Praia B Rua pouco movimentada C Rodovia D Floresta</p>
<p>Pergunta 8 - O efeito estufa pode ser definido como:</p>  <p>A Um fenômeno natural responsável por manter o planeta aquecido ao impedir que o calor proveniente da energia solar volte para o espaço. B Um fenômeno que não é intensificado pela poluição atmosférica, pois os gases não se concentram na atmosfera e não diminuem a qualidade do ar. C Um fenômeno que provoca a diminuição da temperatura da Terra, que se intensifica a partir da emissão de poluentes. D O efeito estufa não existe.</p>	
<p>Pergunta 9 - As florestas emitem cotidianamente diversos compostos naturais na atmosfera.</p>  <p>A Verdadeiro B Falso</p>	<p>Pergunta 10 - Com base nos seus conhecimentos sobre o aumento do efeito estufa, aponte uma prática que possibilite a diminuição da sua ocorrência:</p> <p>A Emissão de combustíveis fósseis B Reflorestamento de regiões desmatadas C Investimento em pecuária extensiva D Queima de resíduos orgânicos do lixo</p>

Fonte: Autoria própria (2023).

Apesar das perguntas possuírem uma única alternativa correta, essa não foi revelada aos alunos para que fosse possível comparar de forma crítica os resultados dos questionários inicial e final. A Figura 6 apresenta os resultados das perguntas 6 a 10.

Figura 6: Gráficos elaborados a partir das perguntas 6, 7, 8, 9 e 10 do questionário inicial.



Fonte: Autoria Própria (2023).

Avaliando os resultados da pergunta 6, observa-se que nenhum aluno considerou a coleta seletiva do lixo como um fator que não contribui para a poluição atmosférica. No entanto, 13 alunos (72 %) consideram as indústrias um fator menos poluente. Esta resposta por parte dos alunos transparece a ideologia de fachada sobre as indústrias não poluírem, ou ainda, de que os automóveis não são fontes de emissões significativas. Concordando com a afirmativa de que os automóveis não são fontes significativas de emissões de poluentes, observa-se por meio da pergunta 7, que 15 alunos (83%) consideram as ruas pouco movimentadas como as mais poluídas, desconiderando as rodovias que possuem alta circulação de veículos automotores. Provavelmente durante a aplicação do questionário os alunos tenham se confundido ao responder à pergunta 7, ignorando a palavra “pouco”, e só levando em consideração “rua movimentada”.

As perguntas 8 e 10 tratam do conhecimento prévio dos alunos acerca do efeito estufa. A pergunta 8 demonstrou que a maioria dos alunos (10 desses, 55 %) entendem a definição básica da ocorrência natural do efeito estufa. Entretanto, a pergunta 10 demonstra que nenhum aluno considerou



o reflorestamento de áreas desmatadas como uma prática que diminui a ocorrência da intensificação do efeito estufa.

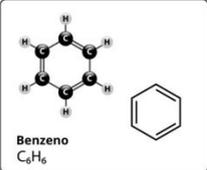
Por fim, a pergunta 9 tem por objetivo avaliar se os alunos compreendem os ciclos biogênicos que as florestas realizam. Os resultados desta investigação apontam um déficit sobre este tipo de conhecimento, onde 10 alunos (55%) não reconhecem as trocas gasosas que as florestas realizam com a atmosfera (Souza *et al.*, 2023). Dessa forma, nota-se que faz necessário que os conteúdos abordados durante a formação básica estejam correlacionados aos fenômenos cotidianos. Com isso, a formação do aluno será para além da educação básica, promovendo o pensamento crítico e a autonomia na tomada de decisões conscientes.

3.2 QUESTIONÁRIO FINAL

Para avaliar a eficiência da oficina, foi aplicado um questionário final com 10 questões de níveis fácil, intermediário e difícil aos alunos. Estes resultados serviram de comparação com o questionário inicial aplicado previamente. As perguntas deste questionário (Figura 7) também foram trabalhadas por meio da plataforma *Plickers* e todos os 18 alunos presentes responderam às questões. Cabe ressaltar que o questionário final foi aplicado após a oficina temática, ou seja, após a apresentação da aula expositiva/dialogada e da aplicação da gamificação com o jogo de tabuleiro.

Durante a oficina foram trabalhadas questões de cunho ambiental e químico, estabelecendo uma conexão entre todos os fatores apresentados (Figura 7).

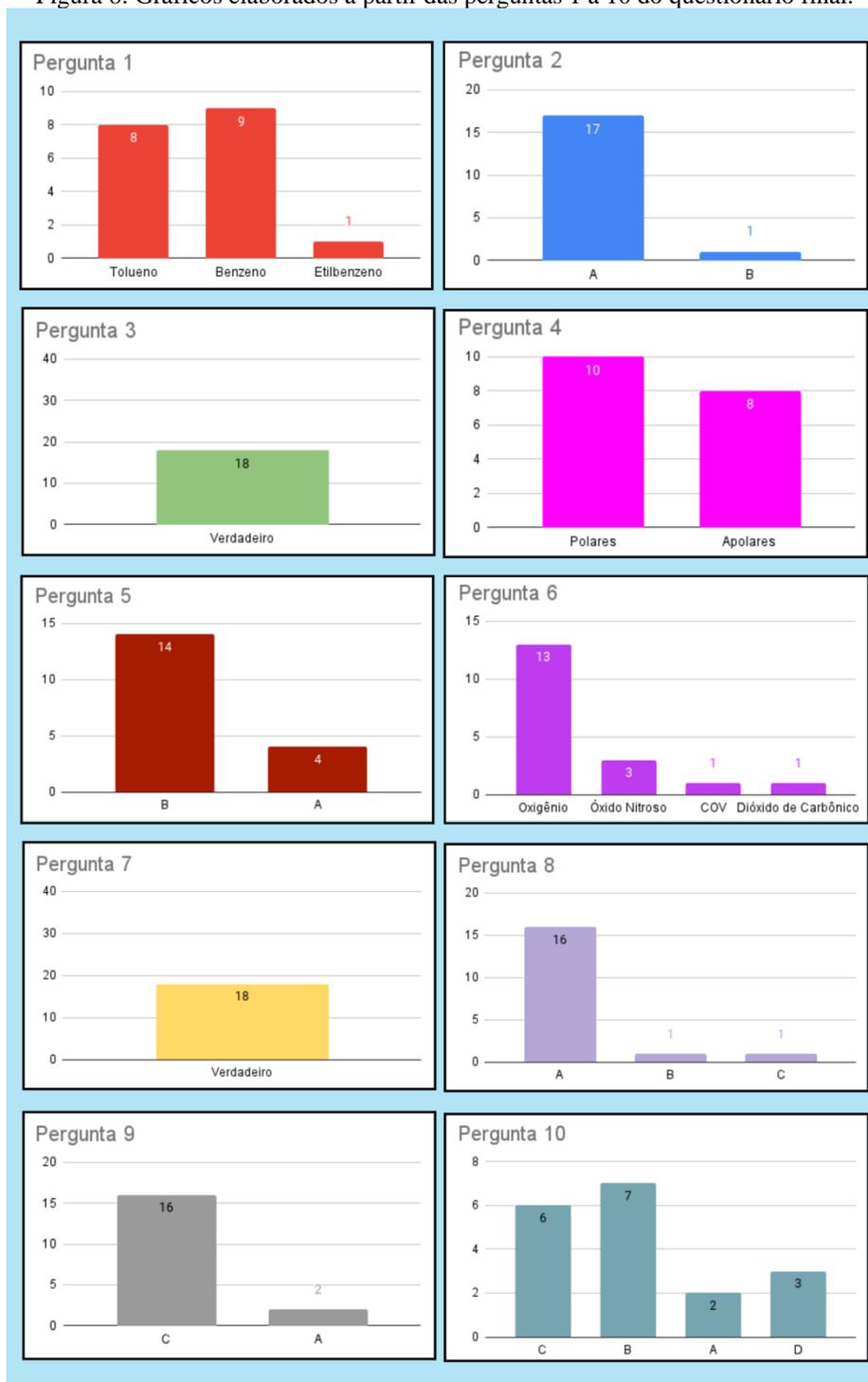
Figura 7: Perguntas 1 a 10 do questionário final construídas pela plataforma *Plickers*.

<p>Pergunta 1 - As moléculas dos COV possuem como base molecular:</p>  <p>A Tolueno B Benzeno C m-Xileno D Etilbenzeno</p>	<p>Pergunta 2 - O aumento do efeito estufa tem como uma de suas consequências o/a:</p> <p>A aumento da temperatura terrestre B diminuição do nível de poluição atmosférica C diminuição do nível de poluição sonora D não influencia no surgimento de tornados</p>
 <p>Pergunta 3 - Os Compostos Orgânicos Voláteis (COV) participam de maneira significativa nas reações que levam à formação de O₃ na baixa atmosfera.</p> <p>A Verdadeiro B Falso</p>	<p>Pergunta 4 - Os Compostos Orgânicos Voláteis aromáticos apresentados na oficina são:</p>  <p>A Polares B Apolares</p>
<p>Pergunta 5 - A poluição é uma alteração indesejável nas características físicas, químicas ou biológicas da atmosfera, que cause prejuízo à saúde, à sobrevivência ou às atividades dos seres humanos e outras espécies. Assinale a alternativa correta acerca da poluição.</p> <p>A A poluição não está ligada à concentração, ou quantidade de resíduos presentes no ar, na água e no solo. B Alguns indicadores de qualidade do ar são as concentrações de CO, NOx, SOx, COV, e Pb. C A origem das fontes poluidoras pode ser classificada somente como primária. D Os efeitos da poluição têm caráter apenas localizado.</p>	<p>Pergunta 6 - São considerados gases responsáveis pela intensificação do efeito estufa, exceto:</p>  <p>A Dióxido de carbono (CO₂). B Oxigênio (O₂). C Compostos Orgânicos Voláteis (COV) D Óxido nitroso (N₂O).</p>
 <p>Pergunta 7 - Os ambientes confinados (<i>indoor</i>) possuem maior acúmulo de poluentes, devido a má circulação do local.</p> <p>A Verdadeiro B Falso</p>	<p>Pergunta 8 - Entre outros processos, o reflorestamento contribui para a diminuição do efeito estufa, ao promover o(a):</p> <p>A Aumento da fixação do carbono durante a fotossíntese. B Diminuição da qualidade de vida da população. C Aumento da liberação de gás carbônico para a atmosfera. D Utilização do metano atmosférico durante a fotossíntese.</p>
<p>Pergunta 9 - Do ponto de vista ambiental, a troposfera é uma importante camada da atmosfera porque é nela que se encontra:</p>  <p>A A camada de ozônio que protege a Terra. B A aurora boreal. C A maior parte dos fenômenos relacionados à poluição do ar. D Os satélites em órbita, responsáveis pela monitoração do planeta.</p>	<p>Pergunta 10 - Analise as alternativas a seguir e marque aquela que representa uma forma de diminuir a poluição atmosférica.</p>  <p>A Não monitorar áreas que correm risco de incêndio. B Aumentar o uso de veículos automotores. C Aumentar o transporte coletivo. D Realizar queimadas na Amazônia.</p>

Fonte: Autoria própria (2023).

Os resultados obtidos por meio do questionário final estão apresentados na Figura 8.

Figura 8: Gráficos elaborados a partir das perguntas 1 a 10 do questionário final.



Fonte: Autoria Própria (2023).

As perguntas 1 e 4 envolvem conhecimentos químicos que fazem parte do currículo do Ensino Médio como a geometria molecular e a polaridade das substâncias. A pergunta 1 demonstrou que 9 alunos (50 %) conseguiram compreender por meio da oficina que estrutura base dos COV aromáticos apresentados é o benzeno. É de se esperar a dúvida dos alunos nesta questão, visto que todos os compostos citados como opção (tolueno, *m*-xileno e etilbenzeno) são derivados do benzeno e possuem características semelhantes. Ressalta-se que, mesmo que os alunos estejam cursando o Ensino Médio integrado ao Técnico em Química, parte de sua formação foi durante a pandemia da COVID-19, onde

houve a substituição do ensino presencial pelo modelo remoto de ensino. Dessa forma, as escolas sofreram um déficit educacional devido às novas adaptações e, com isso, houve uma grande desigualdade no ensino fundamental destes alunos, o que pode ter influenciado nos conhecimentos prévios adquiridos pelos mesmos. A pergunta 4 demonstrou que 8 alunos (44%) conseguiram assimilar que os COV aromáticos possuem caráter apolar, demonstrando que estes alunos conseguiram associar os conceitos teóricos sobre química trabalhados na oficina. Entretanto, ressalta-se que 10 alunos (55 %) consideraram os COV aromáticos como polares, o que demonstra a carência no entendimento do conteúdo.

A pergunta 2 implica nas consequências da intensificação do efeito estufa, onde 17 alunos (94 %) responderam corretamente, relacionando esta intensificação com o aumento da temperatura terrestre. Destaca-se que houve uma maior compreensão sobre o efeito estufa quando comparado ao questionário inicial. Além disso, 16 alunos (89 %) responderam corretamente à pergunta 8 (do questionário final) que aborda a diminuição do efeito estufa. Vale destacar que a pergunta 10 (do questionário inicial) que aborda o mesmo tema da pergunta 8 (questionário final) não foi respondida corretamente por nenhum aluno. Por fim, observa-se que há um crescimento acentuado (de 0 para 16) quanto ao entendimento sobre o reflorestamento de regiões desmatadas e as consequências positivas que este feito promove à manutenção da vida na Terra.

As perguntas 3 e 7 demonstraram um aproveitamento de 100% quanto aos assuntos trabalhados na oficina, visto que ambas questões retratam conteúdos que perpassam os conhecimentos prévios dos estudantes, demonstrando que a oficina foi eficaz para a compreensão de temas complexos como, a formação de ozônio troposférico; algo pouco abordado no Ensino Médio. Além disso, os alunos alcançaram o entendimento que os ambientes *indoors* (internos) podem ser até 13 vezes mais poluídos que os ambientes *outdoors* (externos), algo extremamente preocupante visto que as pessoas passam 90% do tempo em ambientes fechados (casas, escolas, trabalhos, entre outros) (Sanchez *et al.*, 2020; Figueiredo *et al.*, 2021; Ferreira *et al.*, 2021; Souza *et al.*, 2021).

Ressalta-se que 14 alunos (78 %) responderam corretamente à pergunta 5, reconhecendo que as concentrações de CO, NO_x, SO_x, COV e Pb são indicadores da qualidade do ar e que o monitoramento local destes poluentes é crucial para manter os padrões de qualidade estabelecidos (Seares *et al.*, 2021; Souza *et al.*, 2023). Além disso, a partir da pergunta 10 pode-se observar que os alunos entendem o mecanismo básico do efeito estufa, mas não conseguem propor ações que diminuam sua intensificação. Além disso, a pergunta 6 aponta que 13 alunos (72%) compreenderam quais os gases contribuem para a intensificação do efeito estufa.

Por fim, a pergunta 9 aborda conhecimentos sobre a troposfera (camada mais baixa da atmosfera), região onde vivemos e onde ocorrem vários fenômenos químicos e climáticos. Os



resultados obtidos nesta pergunta demonstram que 16 alunos (89%) conseguiram compreender que é nesta camada da atmosfera que ocorrem a maior parte dos fenômenos relacionados à poluição do ar.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os questionários inicial e final aplicados na oficina temática sobre química atmosférica usando a plataforma *Plickers* e a gamificação usando um jogo de tabuleiros ajudaram na avaliação do processo de ensino-aprendizagem dos alunos; além de permitir a apresentação dos conceitos teóricos de forma mais clara, interativa e contextualizada com a realidade do aluno.

O questionário inicial apresentou de maneira direta os conhecimentos prévios sobre o assunto abordado, demonstrando que muitos alunos ainda não tinham refletido sobre as consequências da poluição atmosférica. Além disso, este estudo permitiu avaliar que devem ser propostas ações mais eficientes durante a educação básica que permitam que estes estudantes se enxerguem como protagonistas na proteção e no futuro do meio ambiente e da sociedade. Destaca-se que 83% dos estudantes não conseguiram associar a poluição atmosférica à morte de indivíduos. Entretanto, os resultados do questionário final demonstraram que os alunos conseguiram compreender os conteúdos que foram trabalhados na oficina. Em uma análise comparativa, observa-se que a pergunta sobre o aumento do efeito estufa e as práticas que possibilitam a diminuição de sua ocorrência, apresentou uma taxa de acerto de 100% no questionário final.

Vale destacar que a plataforma *Plickers* utilizada como recurso tecnológico foi útil para geração de dados, além de despertar o interesse dos estudantes que participaram efetivamente do processo de ensino-aprendizagem proposto. Além disso, o jogo de tabuleiro reforçou o uso de metodologias ativas e ferramentas mais dinâmicas aplicadas em sala de aula, proporcionando maior interatividade e interesse entre os alunos, o que promove uma eficácia no processo de ensino-aprendizagem de Química. Portanto, este trabalho demonstra de maneira prática como as ferramentas tecnológicas e as metodologias ativas aproximam o aluno do processo educacional, tonando o ensino contextualizado e preparando o indivíduo para a formação social, profissional e consciente.



REFERÊNCIAS

- BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular (BNCC): A Área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias. 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/abase/#medio/a-area-de-ciencias-da-natureza-e-suas-tecnologias>, acesso em ago. 2022.
- BOWLER, D. E. *et al.* Mapping human pressures on biodiversity across the planet uncovers anthropogenic threat complexes. *People and Nature*, v. 2, n. 2, p. 380-394, 2020.
- DE OLIVEIRA, R.; CACURO, T. A.; FERNANDEZ, S.; IRAZUSTA, S. P. Aprendizagem Significativa, Educação Ambiental e Ensino de Química: Uma Experiência Realizada em uma Escola Pública. *Revista Virtual de Química*, v. 8, n. 3, p. 913-925, 2016.
- DINIZ, F. E.; DA SILVA, C. D. D.; DA SILVA, O. G.; DOS SANTOS, D. B. O Ensino de Química integrado a temas ambientais: Um relato de experiência com escolares do ensino médio. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 8, p. e25110817378-e25110817378, 2021.
- DIONIZIO, T. P. O uso de tecnologias da informação e comunicação como ferramenta educacional aliada ao ensino de Química. *EAD em Foco*, v. 9, n. 1, p. 1-15, 2019.
- DIONÍZIO, T. P. Uno da Química: conhecendo os elementos químicos por meio de um jogo de cartas. *Educação Pública*, v. 18, p. 1-6, 2018.
- FERREIRA, R. S.; NUNES, C. R. O.; SOUZA, M. de O.; CANELA, M. C. Multivariate Optimization of Extraction Variables of PAH in Particulate Matter (PM₁₀) in Indoor/Outdoor Air at Campos dos Goytacazes, Brazil. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, v. 32, p. 618-625, 2021.
- FIGUEIREDO, A. P. de S.; CABRAL, R. R.; PINHEIRO, J. F. da R.; VENIAL, H. J.; SOUZA, M. de O. Formaldeído Gasoso: A Qualidade do Ar em Bibliotecas e Escolas. *Enciclopédia Biosfera*, v. 18, n. 38, p. 359-377, 2021.
- KARIMI, B.; SHOKRINEZHAD, B. Air pollution and the number of daily deaths due to respiratory causes in Tehran. *Atmospheric Environment*, v. 246, p. 118161, 2021.
- LANDRIGAN, P. J. *et al.* The Lancet Commission on pollution and health. *The Lancet*, v. 391, n. 10119, p. 462-512, 2018.
- LEITE, B. S. Kahoot! e Socrative como recursos para uma Aprendizagem Tecnológica Ativa gamificada no ensino de Química. *Química Nova na Escola*, v. 42, n. 2, p. 147-156, 2020.
- LI, Y. *et al.* Source apportionment of atmospheric volatile aromatic compounds (BTEX) by stable carbon isotope analysis: A case study during heating period in Taiyuan, northern China. *Atmospheric Environment*, v. 225, p. 117369, 2020.
- LIMA, C. E. S.; DA SILVA, M. V. S.; ROCHA, S. M. G.; SILVEIRA, C. da S. Anthropogenic Changes in Land Use and Land Cover and Their Impacts on the Hydrological Variables of the São Francisco River Basin, Brazil. *Sustainability*, v. 14, n. 9, p. 12176, 2022.
- MENDONÇA, A. M. G. D.; PEREIRA, D. de L. Ensino de Química: Realidade docente e a importância da experimentação para o processo de aprendizagem. *In: V ENID & III ENFOPROF / UEPB*, 5, 2015, Campina Grande. Artigo... Campina Grande: Realize Editora, 2015.



MINISTÉRIO DA SAÚDE. Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva. Ambiente, trabalho e câncer: aspectos epidemiológicos, toxicológicos e regulatórios. 2021. Disponível em: https://saude.es.gov.br/Media/sesa/CEREST/Ambiente_trabalho_e_cancer_-_aspectos_epidemiologicos_toxicologicos_e_regulatorios.pdf, acesso em abr. 2023.

ROSSETTO, G. P.; GREGÓRIO, J. R.; RAUPP, D. T. Uma Unidade Temática sobre Poluição Atmosférica para o Ensino de Química. *REPPE - Revista de Produtos Educacionais e Pesquisas em Ensino*, v. 6, n. 1, p. 54-83, 2022.

SÁNCHEZ, B.; SOUZA, M. de O.; VILANOVA, O.; CANELA, M. C. Volatile organic compounds in the Spanish National Archaeological Museum: Four years of chemometric analysis. *Building and Environment*, v. 174, 106780, 2020.

SEARES, A. L. F.; SOUZA, M. de O.; LIONEL-MATEUS, V.; DE ALMEIDA, C. M. S. Optimization of operational ICP OES parameters and application to PM10 monitoring associated to sugarcane burning. *Microchemical Journal*, v. 163, p. 105917, 2021.

SILVA, F. C. *et al.* Relação entre as dificuldades e a percepção que os estudantes do ensino médio possuem sobre a função das representações visuais no ensino de Química. *Ciência & Educação*, v. 27, p. 1-21, 2021.

SOUZA, M. C. R.; FREITAS, B. R.; FIGUEIREDO, A. P. de S.; VENIAL, H. J.; CORRADINI, P. G.; SOUZA, M. de O. A Influência dos Compostos Orgânicos Voláteis nas Mudanças Climáticas: Uma breve revisão. *Revista Virtual de Química*, v. 15, n. 2, p. 1-14, 2023.

SOUZA, M. de O.; VIEIRA, H. G.; SÁNCHEZ, B.; CANELA, M. C. O Estado da Arte de Compostos Carbonílicos Voláteis em Ambientes Internos: Impactos à Saúde e Metodologias de Amostragem e Análises. *Química Nova*, v. 44, p. 830-844, 2021.

TAVARES, N. da S. *et al.* Análise da percepção de estudantes do Ensino Médio acerca do processo de aprendizagem em Química. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 2, p. e51110212774-e51110212774, 2021.

VIEIRA, H. G.; FIGUEIREDO, A. P. de S.; SOUZA, M. de O.; CANELA, M. C. Avaliação de Compostos Orgânicos Voláteis Aromáticos na Atmosfera em Campos dos Goytacazes e Itaperuna Aplicando a Análise Multivariada de Dados. *Química Nova*, v. 46, n. 1, p. 29-38, 2023.

ANEXO

Anexo 1 – Cartas do jogo de tabuleiro proposto para a oficina temática.

<p>PERGUNTA</p> <p>Qual é a polaridade dos Compostos Orgânicos Voláteis?</p> <p>APOLAR</p>	<p>PERGUNTA</p> <p>Qual força intermolecular os COV exercem?</p> <p>Forças de London</p>	<p>PERGUNTA</p> <p>Cite um Composto Orgânico Volátil Aromático.</p> <p>Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno, etc.</p>	<p>PERGUNTA</p> <p>Os COV possuem uma substância como base molecular em comum. Que substância é essa?</p> <p>Benzeno</p>
<p>PERGUNTA</p> <p>Verdadeiro ou Falso: Os ambientes <i>outdoor</i> possuem maior dispersão dos poluentes na atmosfera.</p> <p>Verdadeiro</p>	<p>PERGUNTA</p> <p>Cite uma fonte de emissão antropogênica de COV.</p> <p>Veículos, Indústrias, entre outros.</p>	<p>PERGUNTA</p> <p>Cite uma fonte de emissão biogênica de COV.</p> <p>Florestas</p>	<p>PERGUNTA</p> <p>Verdadeiro ou Falso: Os produtos químicos de limpeza que utilizamos em casa NÃO emitem poluentes tóxicos.</p> <p>Falso</p>
<p>PERGUNTA</p> <p>Verdadeiro ou Falso: A poluição atmosférica é o tipo de poluição que causa maior incômodo à população.</p> <p>Verdadeiro</p>	<p>PERGUNTA</p> <p>Cite 2 gases que fazem parte da atmosfera redutora?</p> <p>Gás nitrogênio, Gás hidrogênio, Gás Amônia, Monóxido de carbono, Dióxido de carbono, Metano.</p>	<p>PERGUNTA</p> <p>Quais gases fazem parte da atual composição atmosférica?</p> <p>Gás nitrogênio, Gás oxigênio, Dióxido de carbono, Óxido nítrico, Metano.</p>	<p>CHARADA</p> <p>Sou um composto chave no intemperismo da gasolina. Quem sou eu?</p> <p>1,2,3-Trimetilbenzeno</p>
<p>CHARADA</p> <p>Sou uma das principais preocupações ambientais da humanidade, e sou responsável por ocasionar prejuízos para a biodiversidade e para a saúde humana. Quem sou eu?</p> <p>Efeito Estufa</p>	<p>CHARADA</p> <p>Sou natural e sou emitido pelas florestas, mas as atividades humanas podem me transformar em um perigo. Quem sou eu?</p> <p>COVB</p>	<p>CHARADA</p> <p>Sou um composto derivado do Benzeno. Quem sou eu?</p> <p>Tolueno, etilbenzeno, isômeros de xileno, etc.</p>	<p>CHARADA</p> <p>Sou a poluição do ar, sobretudo em áreas urbanas, causado pelo ozônio troposférico e outros compostos originados por reações fotoquímicas. Quem sou eu?</p> <p>Smog Fotoquímico</p>

