

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
FLUMINENSE CAMPUS ITAPERUNA - RJ
CURSO LICENCIATURA EM QUÍMICA**

ANA PAULA DE SOUZA FIGUEIREDO

**POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA: Avaliação de Compostos Orgânicos
Voláteis no Ar da cidade de Itaperuna - RJ enquanto Proposta para o
Ensino de Química**

**Itaperuna - RJ
2022**

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
FLUMINENSE CAMPUS ITAPERUNA - RJ
CURSO LICENCIATURA EM QUÍMICA**

ANA PAULA DE SOUZA FIGUEIREDO

**POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA: Avaliação de Compostos Orgânicos
Voláteis no Ar da cidade de Itaperuna - RJ enquanto Proposta para o
Ensino de Química**

Trabalho Final de Graduação apresentado
como requisito parcial para obtenção do
Título de Licenciada do Curso Superior de
Química do Instituto Federal Fluminense,
Campus Itaperuna - RJ.

Orientador: Dr. Murilo de Oliveira Souza

**Itaperuna - RJ
2022**

Biblioteca Maria Alice Barroso
CIP - Catalogação na Publicação

F475p Figueiredo, Ana Paula de Souza
POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA: Avaliação de Compostos Orgânicos Voláteis no Ar da cidade de Itaperuna - RJ enquanto Proposta para o Ensino de Química / Ana Paula de Souza Figueiredo - 2022.
92 f.: il. color.

Orientador: Murilo de Oliveira Souza

Trabalho de conclusão de curso (graduação) -- Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, Campus Itaperuna, Curso de Licenciatura em Química, Itaperuna, RJ, 2022.
Referências: f. 67 a 82.

1. Poluição Atmosférica. 2. COV. 3. Química . 4. Ensino Médio. 5. TICs. I. Souza, Murilo de Oliveira, orient. II. Título.

ANA PAULA DE SOUZA FIGUEIREDO


POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA: Avaliação de Compostos Orgânicos Voláteis no Ar da cidade de Itaperuna - RJ enquanto Proposta para o Ensino de Química

Trabalho Final de Graduação apresentado como requisito parcial para obtenção do Título de Licenciada do Curso Superior de Química do Instituto Federal Fluminense, Campus Itaperuna - RJ.

Orientador: Dr. Murilo de Oliveira Souza

APROVADA EM 15 DE DEZEMBRO DE 2022


Dr.^a Cibele Maria Stivanin de Almeida


Dr.^a Juliana Baptista Simões


Dr. Rafael Pinheiro Caetano Damasceno


Dr. Murilo de Oliveira Souza

Agradecimentos

Agradeço ao meu professor e orientador, Murilo de Oliveira Souza, por ser uma constante fonte de incentivo e motivação durante toda minha graduação, e por ser um pilar de sustentação para as conclusões obtidas neste trabalho.

Agradeço aos meus pais, Deise Lopes de Souza e Joselito Portela Figueiredo, às minhas irmãs, Letícia de Souza Figueiredo e Mylena de Souza Figueiredo, e ao meu companheiro Jailton Ferreira de Souza Júnior, por permanecerem ao meu lado em minhas escolhas, e por me incentivar a sempre seguir em frente com meus estudos.

Agradeço à Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF) por ceder espaço para utilização do laboratório e dos equipamentos para a realização deste trabalho, reafirmando a importância da parceria entre instituições no desenvolvimento científico.

Agradeço ainda ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense *Campus* Itaperuna - RJ, por ser base para todas as minhas conquistas durante minha graduação.

“Se eu vi mais longe, foi por estar sobre ombros de gigantes.”
(Isaac Newton)

Publicações

Artigos Completos Publicados em Periódicos

DE 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**, 2023. Disponível em: <http://static.sites.sbgq.org.br/rvq.sbgq.org.br/pdf/RVq130922-a1.pdf>. Acesso em: 24 nov. 2022. (doi: 10.21577/1984-6835.20220111).

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, 2021. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2021D/formaldeido.pdf>. Acesso em: 24 nov. 2022. (doi: 10.18677/EnciBio_2021D27).

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**, 2022. Disponível em: <http://static.sites.sbgq.org.br/quimicanova.sbgq.org.br/pdf/AR2022-0140.pdf>. Acesso em: 24 nov. 2022. (doi: 10.21577/0100-4042.20170952).

Prêmios e Títulos

1º Lugar como Melhor Trabalho na área de Ciências Exatas e da Terra no XIII Congresso Fluminense de Iniciação Científica e Tecnológica - XVIII e Circuito de Iniciação científica do IFFluminense (XIII CONFICT – XVIII CONPEG), com o título: Avaliação de Compostos Orgânicos Voláteis no ar atmosférico de Itaperuna - RJ durante o inverno e a primavera de 2020, realizado pelas instituições IFFluminense, UFF e UENF em 2021.

1º Lugar na sessão coordenada de Química Ambiental, no XVIII Encontro Regional da SBQ-Rio, com o título: Avaliação de COV Aromáticos nas cidades de Itaperuna e Campos dos Goytacazes aplicando a Análise Multivariada de Dados, realizado no CCMN-UFRJ dos dias 4 a 7 de outubro de 2022.

Apresentação de Trabalho e Palestra

Apresentação na modalidade pôster no XII CONFICT / V CONPG – UENF, que foi realizado entre 13 e 16 de outubro de 2020, com o título: Análise de Compostos Nocivos no ar na “hora do rush” em Itaperuna - RJ.

Apresentação oral no XIII CONFICT / VI CONPG - UENF 2021, que foi realizado entre 22 e 25 de junho de 2021, com o título: Avaliação de Compostos Orgânicos Voláteis no ar atmosférico de Itaperuna - RJ durante o inverno e a primavera de 2020.

Apresentação oral no V Congresso de Interdisciplinaridade do Noroeste Fluminense – CONINF, que foi realizado entre 03 e 05 de novembro de 2021, com o título: Análise de Compostos Orgânicos Voláteis na atmosfera de Itaperuna e Campos dos Goytacazes: Uma abordagem Quimiométrica.

Apresentação oral no XIV CONFICT / VII CONPG - UENF 2022, que foi realizado entre 20 a 24 de junho de 2022, com o título: Análise de Compostos Orgânicos Voláteis Aromáticos na Atmosfera das cidades de Itaperuna e Campos dos Goytacazes aplicando a Análise Multivariada de Dados.

Apresentação em pôster na 1º Mostra de Ensino, Pesquisa e Extensão do IF Fluminense *Campus* Itaperuna - RJ, que foi realizado entre 07 e 09 de junho de 2022, com o título: Determinação de Compostos Nocivos à Saúde em Ambientes Internos e Externos da Cidade de Itaperuna – RJ.

Apresentação oral no XVIII Encontro Regional da Sociedade Brasileira de Química 2022, que foi realizado entre 4 e 7 de outubro de 2022, com o título: Avaliação de COV Aromáticos nas cidades de Itaperuna e Campos dos Goytacazes aplicando a Análise Multivariada de Dados.

Resumo

As ações antrópicas sobre os sistemas básicos de manutenção da vida vêm modificando de maneira nociva a fauna, a flora e os seres vivos. Dentre essas ações, a poluição atmosférica tem recebido atenção devido aos efeitos diretos que pode provocar na sobrevivência do planeta. Assim, torna-se crucial avaliar os tipos de poluentes presentes no ar atmosférico dos ambientes, além de identificar suas fontes para controlar a emissão destes poluentes a nível local. A Química se insere de maneira direta nestes estudos, visto que esta é uma ciência que participa do nosso cotidiano, e compreender os fenômenos envolvidos no ambiente natural torna-se cada vez mais importante. Dessa forma, estes estudos podem auxiliar no processo de ensino-aprendizagem em diversos conteúdos abordados na disciplina de Química durante a formação básica, integrando os conhecimentos de maneira interdisciplinar e significativa para o desenvolvimento social, econômico, político e ambiental do sujeito. Nesse contexto, este trabalho possui como objetivo avaliar a poluição atmosférica da cidade de Itaperuna, e aplicar uma abordagem interdisciplinar para o Ensino de Química no Ensino Médio. Para isso, foram monitorados 10 COV aromáticos na cidade de Itaperuna - RJ, as coletas foram realizadas utilizando uma bomba de sucção e tubos preenchidos com adsorvente Tenax® TA. Os tubos foram analisados por meio de um equipamento de dessorção térmica acoplado a um cromatógrafo a gás com detector de espectrometria de massas (ATD-GC/MS). Foi realizada ainda, uma oficina sobre a temática junto aos alunos do Ensino Médio do IF Fluminense Campus Itaperuna, onde foi utilizada a plataforma Plickers como recurso tecnológico para aplicação dos questionários propostos. As razões entre as concentrações dos COV estudados possibilitaram avaliar que o município de Itaperuna possui influência de reações fotoquímicas, e este fator pode estar atrelado à formação do relevo da cidade. Estes resultados podem auxiliar de maneira interdisciplinar os estudos de Geografia por exemplo, trabalhando os conceitos de relevo e condições climáticas com dados reais e que aproximam o aluno do cotidiano. Os resultados dos questionários aplicados na oficina possibilitaram avaliar um bom aproveitamento dos conhecimentos trabalhados. Este fator pode ser comprovado por meio das perguntas 3 e 7 do questionário final, por exemplo, visto que se obteve 100 % de questões respondidas corretamente. Além disso, ao comparar os resultados das perguntas 10 do questionário inicial e 8 do questionário final, observa-se que houve um crescimento exponencial no número de acertos (de 0 para 16), demonstrando que os alunos conseguiram assimilar os conteúdos que foram trabalhados na oficina. Com isso, este trabalho contribui para o monitoramento dos COV na cidade de Itaperuna, e com os resultados publicados e reconhecidos pela comunidade científica, é possível promover a conscientização dos gestores e da população do município. Estes resultados auxiliam ainda no processo de ensino-aprendizagem, propondo a formação social e consciente do aluno.

Palavras-Chave: Poluição Atmosférica, COV, Química no Ensino Médio, TICs.

Abstract

Anthropogenic actions on the basic life support systems have been modifying the fauna, flora and living beings in a harmful way. Among these actions, atmospheric pollution has received attention due to the direct effects it can have on the survival of the planet. Thus, it becomes crucial to evaluate the types of pollutants present in atmospheric air in environments, in addition to identifying their sources to control the emission of these pollutants at the local level. Chemistry is directly inserted in these studies, since this is a science that participates in our daily life, and understanding the phenomena involved in the natural environment becomes increasingly important. Thus, these studies can help in the teaching-learning process in various contents addressed in the discipline of Chemistry during basic training, integrating knowledge in an interdisciplinary and meaningful way for the social, economic, political and environmental development of the subject. In this context, this work aims to evaluate the atmospheric pollution in the city of Itaperuna, and to apply an interdisciplinary approach to Chemistry Teaching in High School. For this, 10 aromatic VOCs were monitored in the city of Itaperuna - RJ, collections were performed using a suction pump and tubes filled with Tenax® TA adsorbent. The tubes were analyzed using thermal desorption equipment coupled to a gas chromatograph with mass spectrometry detector (ATD-GC/MS). A workshop on the subject was also held with the high school students of the IF Fluminense Campus Itaperuna, where the Plickers platform was used as a technological resource for the application of the proposed questionnaires. The ratios between the studied VOC concentrations made it possible to assess that the municipality of Itaperuna is influenced by photochemical reactions, and this factor may be linked to the formation of the city's relief. These results can help Geography studies in an interdisciplinary way, for example, working with the concepts of relief and climatic conditions with real data that bring the student closer to everyday life. The results of the questionnaires applied in the workshop made it possible to evaluate a good use of the knowledge worked on. This factor can be proven through questions 3 and 7 of the final questionnaire, for example, since 100% of questions were answered correctly. In addition, when comparing the results of questions 10 of the initial questionnaire and 8 of the final questionnaire, it is observed that there was an exponential growth in the number of correct answers (from 0 to 16), demonstrating that the students were able to assimilate the contents that were worked on in the workshop. With this, this work contributes to the monitoring of VOCs in the city of Itaperuna, and with the results published and recognized by the scientific community, it is possible to promote awareness of managers and the population of the municipality. These results also help in the teaching-learning process, proposing the social and conscious formation of the student.

Keywords: Atmospheric Pollution, VOCs, Chemistry in High School, ICTs.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	12
2. PROBLEMA DE PESQUISA	15
3. JUSTIFICATIVA	16
4. OBJETIVOS	17
5. REVISÃO DE LITERATURA	18
6. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	40
7. RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
REFERÊNCIAS	66
APÊNDICES	81
ANEXO	87

1. INTRODUÇÃO

A modificação antropogênica dos sistemas básicos de manutenção da vida na Terra vem danificando o meio ambiente com efeitos nocivos sobre a fauna, a flora, os seres humanos e sobre os ciclos biogeoquímicos (SCHAEFER, 1985). Os problemas ambientais estão cada vez mais recorrentes no dia a dia das pessoas, especialmente quando refere-se a questões como poluição, efeito estufa, aquecimento global, desequilíbrio ambiental, desigualdade ambiental, entre outros (ROSSETTO *et al.*, 2022).

De acordo com o Instituto Nacional de Câncer (INCA, 1995 apud REIS, 2013), os efeitos da poluição no meio ambiente sobre os seres humanos são responsáveis por cerca de 60 a 90 % dos registros de casos de câncer, o que justifica o desenvolvimento de políticas de proteção ao uso de recursos ambientais.

Considerando os diferentes tipos de poluição ambiental, a poluição atmosférica é o tipo de poluição que mais causa incômodo à população. A adição de qualquer substância na atmosfera altera as propriedades físicas e químicas do ar limpo, relacionando os problemas de poluição do ar a diferentes tipos de poluentes (LORA, 2000; HORMATI *et al.*, 2022). Assim, torna-se crucial avaliar os tipos de poluentes presentes no ar atmosférico dos ambientes, além de identificar suas fontes de emissão para criação de um possível diagnóstico que atenua a liberação destes poluentes a nível local (LI *et al.*, 2020).

Os desafios atuais de construir uma sociedade envolvida na preservação ambiental estão continuamente ligados à educação. Assim, a Educação Básica configura-se como um importante instrumento de construção do pensamento crítico, a fim de envolver a sociedade nos desafios frequentes do mundo contemporâneo (DE OLIVEIRA *et al.*, 2016). Segundo Sousa e colaboradores (2021), a definição de Química pode ser expressa como o estudo dos materiais e suas transformações, e encontra-se presente em diversas atividades diárias, proporcionando conhecimento e explicações acerca de diferentes de problemáticas.

A Química é uma ciência presente em nosso cotidiano, portanto, compreender os fenômenos envolvidos nesta área do conhecimento torna-se cada vez mais importante, visto que, pode servir como recurso de aprendizagem, tornando questionável os conhecimentos científicos e suas consequências na sociedade e no

mundo. Por sua vez, 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).

Mendonça (2014) afirma a importância de relacionar aspectos teóricos e práticos da Química, para que estes estejam entrelaçados com o cotidiano dos alunos e alinhados às questões práticas, para que possam conectar-se às informações e atribuir sentido às mesmas, tornando o conhecimento químico significativo.

Os conteúdos abordados no ensino de Química no Ensino Médio estão relacionados de maneira interdisciplinar à diversas questões sociais e ambientais, corroborando diretamente e fundamentalmente na formação cidadã e profissional do aluno (DINIZ *et al.*, 2021). Com isso, 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. Neste enfoque, a educação proporciona o entendimento de diversos conceitos interligados da Química, visto que estes estão associados a acontecimentos cotidianos do aluno (DE OLIVEIRA *et al.*, 2016).

O ensino de Química está atrelado a diversos problemas estruturais que foram reproduzidos durante muitos anos. Nesse aspecto, é importante considerar os fatores que promovem essas problemáticas, como a formação de professores, o uso de metodologias arcaicas, as condições de trabalho do professor, a infraestrutura da escola, entre outros. Assim, é importante ressaltar que a complexidade dos conteúdos abordados na disciplina está intrinsecamente ligada ao ambiente educacional e às formas nas quais os assuntos são debatidos (SILVA *et al.*, 2021). Dessa forma, a academia, visando sempre tornar o ensino de conceitos científicos mais claros e próximos à realidade do aluno, têm utilizado ferramentas tecnológicas como recurso complementar à formação dos discentes (DIONÍZIO *et al.*, 2019).

Utilizar diferentes ferramentas vinculadas ao ensino, presencial ou à distância, promove uma metodologia mais interativa, atrativa e contextualizada com a realidade vivida pelos alunos. Além disso, essas ferramentas podem ser utilizadas em quaisquer níveis, e em qualquer área de ensino (LEÃO, 2015).

As Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) são ferramentas que vêm sendo introduzidas de maneira proveitosa no ensino, e aliada à Química, as TICs

auxiliam no processo de ensino-aprendizagem proporcionando a distribuição e o compartilhamento de informações. Estas metodologias contribuem substancialmente para diferentes tipos de resultados, além de fortalecer a democratização do acesso ao ensino e à tecnologia, o que permite que os alunos apropriem-se das informações disponibilizadas (DIONÍZIO *et al.*, 2018; DIONÍZIO *et al.*, 2019).

Com isso, este trabalho possui dois objetivos principais: Monitorar os principais COV presentes na atmosfera da cidade de Itaperuna - RJ; 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, utilizando o aplicativo *Plickers* como recurso tecnológico complementar.

2. PROBLEMA DE PESQUISA

Este projeto divide-se em dois temas norteadores:

- i. O monitoramento de Compostos Orgânicos Voláteis (COV) por meio da amostragem ativa, utilizando a cromatografia à gás com espectrometria de massas após dessorção térmica (ATD-GC/MS) na cidade de Itaperuna - RJ;
- ii. A abordagem interdisciplinar sobre Poluição Atmosférica utilizando a plataforma *Plickers* como recurso tecnológico complementar.

No primeiro tema, o problema principal que norteia esta pesquisa é: *Qual a contribuição do intenso tráfego de veículos para a poluição atmosférica na cidade de Itaperuna - RJ?*

No segundo tema, o problema principal é: *Como trabalhar os fenômenos químicos acerca da poluição atmosférica com alunos do Ensino Médio?*

Estas problemáticas desencadeiam outras perguntas, a saber: *A poluição atmosférica na cidade de Itaperuna influencia no cotidiano dos sujeitos? Como trabalhar a Química, bem como os fenômenos químicos acerca da poluição atmosférica, com alunos do Ensino Médio? Como introduzir ferramentas tecnológicas para complementar os estudos? É possível promover a interdisciplinaridade com os conteúdos de Química e os fenômenos cotidianos?*

3. JUSTIFICATIVA

Itaperuna é um município da Microrregião do Noroeste Fluminense, no estado do Rio de Janeiro. O município caracteriza-se por um relevo ondulado, com ausência de escarpas íngremes e vales em constante aprofundamento e alargamento, embora em áreas de pequeno declive. Devido ao fato de se encontrar entre vales, Itaperuna é conhecida por ter o clima mais quente do estado do Rio de Janeiro.

Diversos trabalhos já foram realizados visando à determinação dos compostos orgânicos voláteis em ambientes internos e externos (DIODIU *et al.*, 2016; MOKALLED *et al.*, 2019; NUNES *et al.*, 2019; SANCHÉZ *et al.*, 2020). Entretanto, não há relatos da determinação de COV no ar externo da cidade de Itaperuna. Esse fato é preocupante visto que dentro da cidade passa uma rodovia federal (BR 356), com tráfego de veículos pesados durante todo o ano. Além disso, a qualidade do ar de ambientes internos é afetada pela presença de poluentes externos (arrastados pelo vento e/ou por outros agentes), que tem como principais fontes os automóveis e as indústrias, e pela emissão de materiais (solventes, pinturas, vernizes, carpete, madeiras, produtos de limpeza, entre outros) que compõem estes ambientes. Neste contexto, os compostos orgânicos voláteis emitidos pelos veículos automotores que passam pela BR 356 podem acumular-se dentro das residências próximas a esta rodovia. Além disso, as características climáticas e de relevo da cidade de Itaperuna (clima seco, altas temperaturas e relevo na forma de vales) propiciam a volatilização e o acúmulo destes compostos dentro dessas residências e da cidade de Itaperuna.

A química ambiental, assim como a problemática da poluição atmosférica, está cada vez mais presente no cotidiano das pessoas, estando intrinsecamente ligada às condições de vida das mesmas (FELLIPETTO; MALDANER; ARAÚJO, 2021). Segundo a BNCC (2018c), a competência 2 proposta para o ensino de ciências, estabelece a importância do exercício da curiosidade intelectual para promover a reflexão e análise crítica do aluno, e assim, desenvolver o pensamento investigativo para elaborar, testar e resolver problemáticas de maneira contextualizada. Sendo assim, estudar os fenômenos químicos envolvidos nestes processos durante a educação básica, torna-se de suma importância para a formação social, profissional e consciente dos sujeitos.

Desta forma, este trabalho dialoga com a Agenda de 2030 da ONU, que visa tomar medidas urgentes para combater a mudança do clima e seus impactos (objetivo

13 do desenvolvimento sustentável - ODS). Além disso, melhorar a educação, aumentar a conscientização e a capacidade humana e institucional sobre mitigação, adaptação, redução de impacto e alerta precoce da mudança do clima, torna-se uma das principais metas deste estudo para os alunos e para a população de Itaperuna.

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GERAL

4.1.1. Avaliar a Poluição Atmosférica da cidade de Itaperuna - RJ, e aplicar uma abordagem interdisciplinar para o Ensino de Química no Ensino Médio.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

4.2.1. Realizar as coletas de 10 COV aromáticos;

4.2.2. Determinar os COV usando a cromatografia à gás com espectrometria de massas e dessorção térmica (ATD-GC/MS);

4.2.3. Avaliar a importância da efetivação de normas regulamentadoras, tal qual o monitoramento do ar atmosférico nas cidades;

4.2.4. Avaliar de maneira preliminar os riscos e danos à saúde gerados pelos COV, bem como os impactos causados pelo fluxo intenso do tráfego de veículos;

4.2.5. Trabalhar os fenômenos químicos e os compostos responsáveis pela poluição atmosférica com alunos do Ensino Médio do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense *Campus* Itaperuna - RJ, utilizando a plataforma *Plickers* como ferramenta tecnológica complementar;

4.2.6. Aplicar uma oficina no VI Congresso de Interdisciplinaridade do Noroeste Fluminense (VI CONINF - 2022) acerca da poluição atmosférica para alunos do Ensino Médio do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense *Campus* Itaperuna - RJ;

4.2.7. Elaborar e aplicar uma atividade lúdica acerca dos assuntos abordados, por meio de um jogo de tabuleiro.

5. REVISÃO DE LITERATURA

5.1. POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA (*INDOOR E OUTDOOR*)

A emissão de grandes quantidades de poluentes atmosféricos pode causar diversos problemas no meio ambiente e na saúde humana. Uma vez emitidos, os poluentes são distribuídos nos diferentes compartimentos ambientais (ar, água e biota) existentes no planeta Terra, podendo ser degradados, transformados ou acumulados pelo meio ambiente (KEYMEULEN *et al.*, 2001).

A Organização Mundial da Saúde (OMS), com base na atualização dos dados obtidos no GEMS (Sistema Global de Monitoramento Ambiental), chegou à conclusão que 1,6 bilhões de pessoas correm riscos de doenças em consequência da poluição do ar (LORA, 2000).

Os principais responsáveis pelo aumento da poluição do ar em ambientes externos são os processos de industrialização e urbanização ocorridos com maior intensidade no século XX, que concentrou as fontes de emissões atmosféricas em centros urbanos, principalmente pela queima de combustíveis fósseis por veículos motores e por atividades industriais (REIS, 2003).

Embora muitos esforços tenham sido gastos para entender os mecanismos químicos e os impactos da poluição do ar de ambientes externos, a poluição em ambientes confinados (ocupacionais, residenciais e por hábitos pessoais, como o de fumar) pode ocorrer de forma significativa, sendo na maioria das vezes maior que nos ambientes externos (SOUZA *et al.*, 2021). Porém a poluição de ambientes fechados (internos) não é facilmente percebida pela população, uma vez que nos ambientes internos são dificilmente encontrados poluentes do ar visíveis, como fumaça e material particulado. Esta dificuldade de percepção acaba reduzindo a preocupação da poluição do ar em ambientes internos ou fechados (SOUZA *et al.*, 2021; FIGUEIREDO *et al.*, 2021).

Dentre os poluentes presentes nos ambientes internos, destacam-se os Compostos Orgânicos Voláteis (COV). Os COV são compostos de carbonos gasosos, alifáticos e aromáticos, possuindo uma pressão de vapor acima de 0,14 mm Hg a 5°C, e com número de carbonos entre C2 e C12 (POVH *et al.*, 2006). Existem mais de 500 compostos classificados como compostos orgânicos voláteis (HOSHI *et al.*, 2008). Em geral, estes compostos são alcanos, alcenos, aromáticos, álcoois, cetonas, aldeídos e

ácidos carboxílicos, com emissão predominante por frotas veiculares, postos revendedores de combustíveis e por processos industriais.

Os COV são compostos que acarretam problemas significativos tanto ao meio ambiente, quanto aos seres vivos; além de contribuírem para a intensificação do efeito estufa (DE SOUZA *et al.*, 2023 – No Prelo). Com isso, e devido ao agravamento da situação, houve um aumento nos estudos relacionados a estes compostos, a saber: a toxicidade e a ação cancerígena. Ademais, os COV são precursores de reações fotoquímicas na troposfera, sucedendo à formação de ozônio (O_3) e de diversas outras substâncias oxidantes (como o nitrato de peroxiacetila - PAN e o nitrato de peroxibenzoíla - PBN), as quais são agressivas aos organismos vivos. A presença destas substâncias na troposfera estabelece uma atmosfera oxidante conhecida como *smog* fotoquímico, que tem sido um dos principais problemas de poluição em áreas urbanas (ATKINSON, 2000).

Entre os Compostos Orgânicos Voláteis, os poluentes do ar benzeno (C_6H_6), tolueno (C_7H_8), etilbenzeno (C_8H_{10}) e os isômeros de xileno (C_8H_{10}) (BTEX), são os principais compostos emitidos na atmosfera por automóveis em centros urbanos (LIN, 2001). Atualmente, os BTEX têm chamado a atenção da vigilância sanitária devido aos seus efeitos à saúde da população. No Brasil, não existem limites legais de concentração de BTEX no ar de ambientes internos que garantam a proteção integral da saúde humana. O que pode se encontrar são limites de tolerância para ambientes ocupacionais, estabelecidos na 15ª norma regulamentadora (NR 15) do Ministério do Trabalho e Emprego. De acordo com o levantamento bibliográfico da situação no Brasil feito por Gioda e Aquino Neto (2013), os limites de tolerância para os compostos tolueno, etilbenzeno e xilenos, são de 78 ppm_v, durante uma jornada de trabalho de 48 horas semanais.

A Tabela 1 apresenta os limites dos compostos BTEX estabelecidos pela NR-15 - Atividades e Operações Insalubres, para qualidade do ar em ambientes industriais e não industriais, e as concentrações médias a partir do levantamento bibliográfico realizado através do ENIT (2019):

Tabela 1: Limites dos compostos BTEX segundo a NR-15.

AGENTES QUÍMICOS	ABSORÇÃO PELA PELE	ppm _v * (48h/sem)	mg m ⁻³ ** (48h/sem)
Benzeno	NS***	1	NS
Tolueno	+	78	290
Etilbenzeno	-	78	340
Xilenos	+	78	340

Fonte: ENIT, 2019.

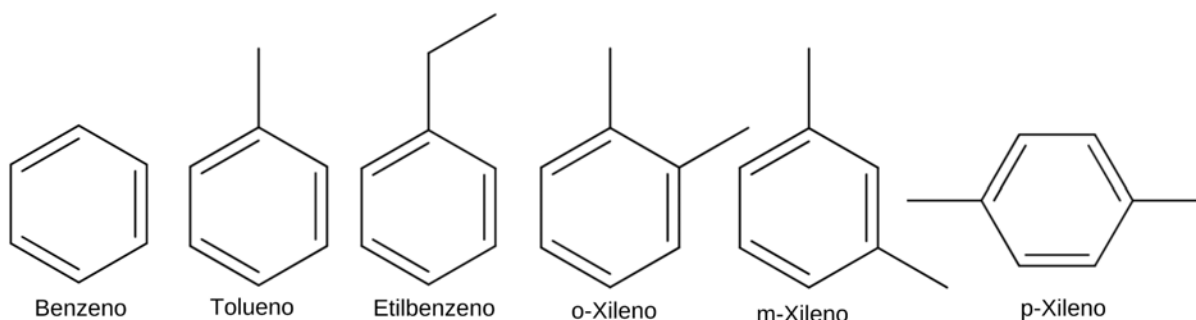
* ppm_v - partes de vapor ou gás por milhão de partes de ar contaminado.

** mg m⁻³ - miligramas por metro cúbico de ar.

*** NS - não sugerido; +/- símbolo indicando se há ou não a absorção do composto por via cutânea.

A Agência Internacional de Pesquisa em Câncer (IARC), ligada à Organização Mundial da Saúde (OMS), classifica o benzeno como cancerígeno do Grupo 1 - nível mais alto. Com isso, foi estabelecido para grande parte das empresas brasileiras um limite máximo de 1 ppm_v para este composto (ENIT, 2019).

O benzeno (C₆H₆) é considerado o composto fundamental de seus derivados (tolueno, etilbenzeno e xilenos), que possuem o hidrogênio do anel do benzeno substituído por grupos metil (-CH₃) ou etil (-CH₂-CH₃) (Baird, 1995). A Figura 1 apresenta o anel benzênico e suas variações estruturais feita pela substituição do hidrogênio do anel pelo grupo metil e etil.

Figura 1: Anel benzênico e suas formas estruturais.

Fonte: Autoria Própria, 2022.

Desta forma, pode-se afirmar que são necessárias reformulações das legislações vigentes e políticas públicas que garantam a redução dos impactos causados pela contaminação química nos ambientes internos. Além disso, a busca por metodologias de coletas desses compostos do ar vem sendo um desafio para os pesquisadores, visto que uma boa amostragem é fundamental para a obtenção de bons resultados.

5.1.1. AMOSTRAGEM DE COV

A Amostragem pode ser definida como as etapas de determinação de uma amostra, garantindo maior confiabilidade nos resultados obtidos numa análise. É um processo de segregação de uma porção de matéria, neste caso, o ar e seus poluentes, com o objetivo de coletar os compostos para uma análise imediata ou posterior (CRUZ; CAMPOS, 2008).

A escolha do tipo de amostragem é extremamente importante, para que se evite gastos desnecessários com equipamentos, reagentes, tempo e dificuldades da interpretação dos dados obtidos (CRUZ; CAMPOS, 2008). Segundo Souza *et al.*, 2021; NAMIEŚNIK, 1988 e CAMEL; CAUDE, 1995, o processo de amostragem deve satisfazer às seguintes condições:

- a) Representatividade da amostra em relação à matriz;
- b) Volume amostral compatível com a sensibilidade do equipamento em determinada faixa de trabalho;
- c) Procedimento simples que tenha reprodutibilidade;
- d) Perdas e degradações mínimas durante a amostragem e a análise

A amostragem de componentes traços na atmosfera requer a utilização de métodos confiáveis, sensíveis, precisos e exatos para o monitoramento das emissões gasosas, visto que problemas sucedidos nesta etapa não poderão ser corrigidos posteriormente e podem levar a resultados sub ou superestimados e que não retratam as condições reais do local. A escolha de um método de amostragem depende de fatores como (CRUZ; CAMPOS, 2008):

- A natureza e concentração dos poluentes;
- Condições meteorológicas;
- Finalidade dos resultados obtidos;
- Disponibilidade de equipamentos e recursos humanos, entre outros.

Na determinação das concentrações de COV no ar, a etapa de amostragem é bastante significativa para a análise, podendo ser de forma passiva ou ativa. Na amostragem ativa, são utilizadas bombas de amostragem para movimentar os poluentes do ar para um amostrador. Durante a amostragem ativa é necessária uma bomba de sucção para a coleta dos COV no ar.

Os resultados obtidos são confiáveis, fornecendo somente médias diárias, não horárias, ou seja, a amostragem ativa necessita que suas amostras sejam coletadas diariamente, e não durante um período de 8 horas, por exemplo, para que haja uma maior confiabilidade no resultado obtido.

Já na amostragem passiva, predominam os fenômenos de difusão ou permeação e a transferência do gás para o suporte absorvente ou adsorvente é baseado na primeira Lei de Fick, a qual determina que o movimento das moléculas se dá pelas diferenças de concentração ao longo do volume do sistema (gradiente de concentração) (CRUZ e CAMPOS, 2008; ANDRIETTA *et al.*, 2010).

Neste trabalho a amostragem realizada é a amostragem ativa, de acordo com o Método TO-17 EPA.

5.1.1.2. AMOSTRAGEM ATIVA

Nos sistemas aplicados para amostragem ativa de COV, o ar atmosférico é succionado com taxa de vazão controlada para dentro do dispositivo de amostragem (contendo um ou mais adsorventes) com o auxílio de uma bomba (Figura 2), previamente calibrada. Ainda que o uso de bombas de amostragem possa apresentar certa dificuldade, devido à necessidade de frequentes calibrações e o uso de baterias ou energia elétrica, os métodos de amostragem ativa (contínua ou descontínua) são comumente aplicados com maior frequência do que os métodos de amostragem passiva no monitoramento de constituintes traços atmosféricos (CORREA *et al.*, 2012; COCHEO *et al.*, 2009; DIETZE; DIETRICH, 2011).

Figura 2: Tubo amostrador acoplado à bomba de sucção.



Fonte: Aatoria Própria, 2021.

Na amostragem ativa contínua, utiliza-se a combinação de um sistema automatizado de amostragem e análise, em um equipamento designado de monitor contínuo. Estes amostradores apresentam alto desempenho, fornecem dados com alta resolução e em tempo real, são úteis para identificar picos de concentração, situações de alerta e acidentes, para avaliar a conformidade da qualidade do ar com padrões de curto prazo, além de fornecer dados para modelagem e calibração (CRUZ; CAMPOS, 2008). Porém, isto requer o uso de vários instrumentos para cada poluente monitorado nos diferentes locais de amostragem, o que implica em elevado investimento financeiro inicial, além dos custos periódicos com manutenção e calibração (NAMIEŚNIK, 1988).

As amostragens descontínuas são mais utilizadas do que as contínuas, principalmente porque nem todas as técnicas amostrais são passíveis de automatização, e nem sempre é possível acoplar um sistema de análise. Os resultados obtidos representam uma integração das concentrações na atmosfera local, em um determinado intervalo de tempo. Alguns desses procedimentos são muito trabalhosos e, comparando aos métodos de amostragem contínuos, possuem a desvantagem da necessidade de posterior análise em laboratório, porém são normalmente de custo mais baixo e com maior acessibilidade (CRUZ; CAMPOS, 2008).

5.1.2. ADSORVENTES UTILIZADOS EM AMOSTRADORES ATIVOS

A escolha do adsorvente para os compostos de interesse depende das propriedades químicas destes compostos a serem amostrados, além da utilização de um método adequado para sua posterior análise. Um adsorvente ideal deve ser capaz de: amostrar grandes volumes de ar poluído sem sobrecarregar sua superfície; não decompor ou polimerizar a amostra (principalmente em altas temperaturas); não contribuir com interferências (geração de subprodutos); e não possuir afinidade com a água (HUYBRECHTS *et al.*, 2000; HARRISON e PERRY, 1986).

Os principais tipos de adsorventes sólidos utilizados em monitoramento do ar são: polímeros orgânicos porosos, carvão grafitizado, peneiras moleculares de carbono e carvão ativado. Para a recuperação dos analitos por meio de dessorção térmica os adsorventes mais empregados na amostragem de COV são: Tenax TA (2,6-difenil-pfenilenóxido), Carbotrap, Carbopack e Chromosorb (Tabela 2), pois são estáveis termicamente e reduzem a formação de subprodutos (KROL; ZABIEGALA; NAMIESNIK, 2010).

Tabela 2: Adsorventes mais utilizados na amostragem de COV.

Adsorventes comerciais (Polímeros Orgânicos)	Nº de carbonos nos compostos capturados	Analitos típicos
Carbotrap C	n-C ₈ a n-C ₂₀	Alquilbenzenos e alifáticos
Carbotrap Carbopack B	n-C ₄ a n-C ₁₄	Cetonas, álcoois e aldeídos com pontos de ebulição maiores que 75°C e compostos apolares dentro da volatilidade especificada.
Chromosorb 106	n-C ₅ a n-C ₁₂	Hidrocarbonetos com pontos de ebulição entre 50 e 200°C, além de compostos

		oxigenados.
Carbosieve SIII	n-C ₂ a n-C ₆	Hidrocarbonetos, com pontos de entre -60 e 80°C, além de formas halogenadas e freons.
Tenax TA	n-C ₇ a n-C ₂₆	Aromáticos, compostos apolares com pontos de ebulição maiores que 100°C e compostos polares menos voláteis, com pontos de ebulição maiores que 150°C.

Fonte: Adaptado de USEPA, 1999.

Os COV são fixados na superfície do sólido adsorvente por adsorção física (fisissorção). A força de Van der Waals (dipolo-dipolo ou dipolo induzido, responsáveis pela ligação do COV no adsorvente) são ligações relativamente fracas. Um aumento na temperatura do sistema é suficiente para elevar a energia cinética das moléculas adsorvidas acarretando sua dessorção do sólido. Por isso, a amostragem deve ocorrer à temperatura controlada (LE CLOIREC *et al.*, 1991), não ocorrendo nenhum tipo de alteração molecular das substâncias envolvidas no processo, ou seja, a substância mantém a sua natureza química.

5.1.3. DESSORÇÃO TÉRMICA E ANÁLISE POR GC

Independente da amostragem adotada (ativa ou passiva), têm-se um tubo contendo o material adsorvente com os COV que foram retidos durante a coleta. Após isso, os COV precisam ser removidos (extraídos) do leito adsorvente para que possam ser devidamente analisados. As técnicas mais comuns de extração são: extração por solvente e a dessorção térmica (DT). O Método TO-17, da USEPA (1999), que dispõe sobre as técnicas para amostragem e análise de COV, recomenda a dessorção térmica (TD) para a dessorção dos compostos adsorvidos em tubos Tenax e posterior análise

usando a cromatografia à gás, acoplada a um detector, que pode ser um espectrômetro de massas (MS) ou um detector de ionização de chama (FID).

O mecanismo de separação cromatográfica, inicia-se com a introdução no injetor e vaporização da amostra, onde a mesma é carregada por uma fase móvel (um gás inerte, geralmente o Hélio) através da coluna cromatográfica (fase estacionária). Os componentes da amostra são então eluídos e levados até o detector conectado ao final da coluna (PENTEADO *et al.*, 2008). A diferença na mobilidade das partículas, devido à sua afinidade com a fase estacionária, faz com que os componentes da amostra se separem em bandas ou zonas discretas, as quais são associadas aos tempos de saída dos analitos da coluna (tempo de retenção), e podem ser analisados qualitativa e/ou quantitativamente (SKOOG *et al.*, 2008; COLLINS *et al.*, 2006).

Na análise de COV por cromatografia à gás, um dos fatores para a boa resolução da separação dos compostos é a escolha correta da coluna cromatográfica. Em geral, são utilizadas colunas capilares que variam de 0,23 a 0,53 mm de diâmetro interno e 25 a 100 m de comprimento. A fase estacionária necessita de características similares (compatibilidade) à natureza química dos compostos que se deseja analisar, ou seja, exige a utilização de colunas apolares ou com polaridade muito baixa (HELMIG, 1999; SANTOS e GALCERAN, 2002).

Em uma separação cromatográfica há duas propriedades principais responsáveis pelos tipos de interação: a pressão de vapor do soluto (na temperatura da coluna) e a interação físico-química do soluto com a fase estacionária. Quando a fase da coluna cromatográfica é apolar, a separação ocorre mais pelo fenômeno físico da pressão de vapor dos compostos de interesse do que propriamente pelo princípio de interação físico-química entre a fase estacionária da coluna cromatográfica e os compostos. Quando a coluna é polar há a presença de sítios ativos na fase estacionária o que potencializa o princípio de adsorção e, conseqüentemente, a interação dos analitos com a fase estacionária polar. Isto ocorre porque a composição química da fase estacionária afeta o processo de separação devido aos diferentes tipos de interação: dipolo-dipolo, dipolo-dipolo induzido, entre outros (SILVA *et al.*, 2005).

Os tipos de colunas frequentemente utilizadas são: 100% dimetilpolisiloxano; 5% difenil - 95% dimetilpolisiloxano; e 6% cianopropilfenil - 94% dimetilpolisiloxano (todas apolares). No caso dos BTEX, como as pressões de vapor para os xilenos é a mesma para os isômeros para e meta, os mesmos separam-se melhor na coluna polar.

Algumas colunas cromatográficas tradicionais não conseguem uma boa resolução para os isômeros m- e p-xilenos, mesmo quando se utiliza o detector MS. Desta forma, a quantificação dos xilenos é realizada em conjunto ou utilizando outras colunas cromatográficas mais modernas como, por exemplo, Supelcowax™ 10 (HUYBRECHTS *et al.*, 2000; KEYMEULEN *et al.*, 2001).

No detector por espectrometria de massas, ocorre a formação de íons que são separados de acordo com a sua razão massa/carga pelo quadrupolo (analisador), atribuindo um padrão de fragmentação característico e informações sobre a natureza estrutural do composto. A espectrometria de massas é uma técnica de alta sensibilidade e seletividade a qual permite a quantificação exata e a confirmação de analitos em níveis traço (SOARES, 2001).

Desta forma, as técnicas cromatográficas por detecção por espectrometria de massas podem ser utilizadas para a determinação de uma larga faixa de compostos orgânicos, sendo, por isso, responsáveis por diversas análises nas indústrias e em centros de pesquisa. Os BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xileno), aldeídos, ácidos carboxílicos, entre outros, são alguns dos COV que podem ser determinados usando a técnica de GC/MS, após dessorção térmica (ATD).

5.2. O ENSINO DE QUÍMICA NO ENSINO MÉDIO

5.2.1. O USO DE TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO (TICs) NO ENSINO DE QUÍMICA

A complexidade das representações no ensino de Química, aliada às condições de aprendizagem as quais estão inseridas, são indicadores que podem explicar as barreiras educacionais encontradas por muitos alunos (TASKIN; BERNHOLT, 2014; TERUYA *et al.*, 2013; SILVA *et al.*, 2021).

A Química na educação básica geralmente possui abordagens que se baseiam na memorização do conteúdo, fazendo com que seja passado para o aluno algo que está longe de sua realidade (FERREIRA; DEL PINO, 2009; MORTIMER, 1996; ROQUE; SILVA, 2008; DA SILVA; SIQUEIRA; GOI, 2019). No entanto, a abordagem Química, a qualquer nível de ensino, precisa ocorrer de maneira conectada ao cotidiano das pessoas, relacionando os fenômenos aos processos químicos. Assim, o aluno consegue relacionar o conteúdo teórico e conectá-lo a diversos acontecimentos,

promovendo uma maior compreensão e interação com o mundo de maneira natural e contextualizada (SILVA *et al.*, 2021).

Dessa forma, é notório que para construir um ambiente educativo são necessárias reformulações nos processos metodológicos e pedagógicos, de maneira inovadora, promovendo momentos didáticos que estimulem o aprendizado. Para tornar este canal eficaz, é necessário que toda equipe escolar esteja envolvida, para a construção de um ambiente no qual todos os setores estejam ativos e façam parte do espaço de ensino-aprendizagem (RAMOS; MORAES, 2011).

Segundo Meneses e Miguel (2020), investir em novas ferramentas e metodologias de caráter tecnológico, permite aperfeiçoar o processo de ensino, visto que o uso de recursos tecnológicos de qualquer natureza é capaz de aguçar o interesse dos alunos, além de incentivar a participação em atividades, o que auxilia na construção de uma educação mais proveitosa e inovadora.

Com isso, o ensino de Química tem sido aperfeiçoado com a utilização de diversos recursos tecnológicos, facilitando o processo de ensino e aprendizagem dos sujeitos (DOS SANTOS *et al.*, 2018). Dentre estes recursos, destaca-se o uso das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs), que tornam possível moldar novas relações entre a comunidade acadêmica, principalmente entre os corpos docente e discente, além de diversificar o espaço de construção do conhecimento, tornando este um ambiente que dialoga com os indivíduos e o mundo (LEITE, 2015).

Ressalta-se que, para que ocorra a promoção da inclusão das TICs na educação, é necessário que as ferramentas sejam utilizadas junto aos alunos, para tornar possível a construção do conhecimento com e sobre esses recursos, e não trabalhá-las somente como um suporte para despertar interesses. Assim, é preciso compreender as TICs de maneira crítica e significativa nas diferentes práticas sociais, principalmente as escolares, para criar um vínculo comunicativo, e para acessar e disseminar informações que produzam conhecimento, promovendo autonomia e protagonismo na vida do cidadão (BRASIL, 2018).

Para qualquer recurso didático, é necessário desenvolver estratégias para tornar o uso contextual. Este fator promove às escolas e aos professores uma posição importante que questiona o seu papel no ensino das TICs e o seu papel na vida social, especialmente para os estudantes (XAVIER; TEIXEIRA; SAVETI, 2010). O desenvolvimento das TICs e o advento dos computadores no cotidiano dos alunos,

também representam boas oportunidades para incorporá-los ao ensino. Portanto, a aprendizagem inferirá as restrições de tempo/espço dos alunos e professores na escola, incentivando os alunos a adotarem uma postura de aprendizagem contínua (SILVA; LIMA, 2020).

Da Silva, Siqueira e Goi (2019) afirmam que é cada vez mais importante modificar a visão acrítica e dogmática do processo de ensino, onde os alunos veem os professores apenas como transmissores de conhecimentos, e os alunos como receptores. Os autores afirmam que a primeira mudança a ser alcançada é por meio do diálogo entre alunos e professores, visto que estes são os mediadores e expressores da ciência e do conhecimento escolar, transformando os alunos em sujeitos ativos do conhecimento. Assim, torna-se necessário utilizar novos métodos participativos para tornar os alunos mais ativos em sala de aula, pois reconhece-se que os conteúdos de Química contribuem para o enriquecimento intelectual, trabalhando a formação de um exercício consciente de cidadania.

Diante destes pressupostos, afirma-se que para trabalhar os conteúdos de Química, são necessárias reformulações metodológicas, tornando possível uma maior aproximação das teorias trabalhadas com o cotidiano dos sujeitos. Nesse sentido, as TICs configuram-se como um importante recurso tecnológico para associar ferramentas cotidianas às temáticas abordadas em sala de aula.

Neste trabalho foi utilizada a TIC para gerar os dados numéricos quantitativos que foram discutidos no tópico de Resultados e Discussão. A ferramenta *Plickers*, utilizada neste trabalho, permite que diversos questionários de múltipla escolha sejam elaborados, podendo ser usados para um *feedback* individual dos alunos ou coletivo de uma turma. O *Plickers* está disponível em versão web e aplicativo, sendo utilizado, em grande maioria, para a aplicação de testes rápidos que permitem ao professor a visualização imediata das respostas obtidas (PAULA; SOARES, 2016).

O *Plickers* registra a resposta e a pontuação de cada aluno de maneira automática, disponibilizando dados numéricos e gráficos para posteriores análises. Assim, esses dados auxiliam na identificação de problemas e tendências, além de introduzir o aluno no processo de ensino-aprendizagem de maneira interativa, aproximando-o das tecnologias que estão presentes no mundo atual (DITZZ; GOMES, 2017). Assim, o professor, como mediador do saber, promove um ambiente mais

contextualizado à realidade dos alunos, o que promove a formação intelectual, social e profissional aos mesmos.

5.2.2. A BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR (BNCC)

Todo cidadão brasileiro tem direito à educação básica, inclusive ao ensino médio. No entanto, na realidade, a última etapa da educação básica pode ser uma limitação na garantia do direito à educação para todos. Os alunos precisam ser atendidos universalmente, e suas necessidades educacionais devem ser levadas em consideração (MARQUES; NASCIMENTO; SOUZA, 2021).

Segundo as Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio de 2011, ao estar diante de um grande número de adolescentes, jovens e adultos que possuem condições de vida e perspectivas de futuro desiguais, o Ensino Médio desempenha um importante papel na vida dos cidadãos. A escola por si só não consegue resolver a desigualdade social, no entanto, as instituições de ensino podem ampliar as condições de inclusão social ao oferecer oportunidades iguais de contato com a ciência, tecnologia, cultura e trabalho (BRASIL, 2011).

Para dialogar com a necessidade de reconstrução das escolas, é necessário reconhecer que as frequentes mudanças nas dinâmicas sociais contemporâneas, principalmente devido aos desenvolvimentos tecnológicos, afetam diretamente a população jovem e, portanto, suas necessidades de formação. Nesse contexto cada vez mais complexo e mutável, as incertezas associadas às mudanças nas relações no mundo e na sociedade como um todo, impõe desafios à formulação de políticas e recomendações para a organização dos currículos da educação básica (ZANETONI; LEÃO, 2022).

Segundo a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), a organização do Ensino Médio está alinhada em continuidade às recomendações destinadas à Educação Infantil e ao Ensino Fundamental, estando centrada no desenvolvimento de competências e sendo orientada pelos princípios da educação integrada. Assim, as competências e habilidades gerais da Educação Básica norteiam de maneira igualitária a aprendizagem nesta etapa do ensino (BRASIL, 2018a).

A BNCC define as aprendizagens essenciais as quais os alunos do Ensino Médio devem aprender de acordo com as áreas do conhecimento listadas no artigo 35-A da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), a saber: área de

Linguagens e suas Tecnologias, Matemática e suas Tecnologias, Ciências da Natureza e suas Tecnologias, e a área de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas (BRASIL, 2017).

Para cada área do conhecimento, a BNCC detalha competências específicas para formulação do currículo, em consonância com as respectivas competências básicas do Ensino Fundamental, e articulada às adequações necessárias ao suporte das especificidades de formação dos alunos no Ensino Médio. Estas competências específicas também devem ser utilizadas para orientar a proposição e o detalhamento dos itinerários formativos referentes a cada área (MARQUES; NASCIMENTO; SOUZA, 2021).

Neste trabalho serão validadas as competências e habilidades específicas da BNCC para a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, que estão descritas no Tópico 5.1.3.

5.1.3. A ÁREA DE CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS NO ENSINO MÉDIO

A Ciência e a Tecnologia estão cada vez mais presentes no mundo contemporâneo, o que influencia diretamente no modo como se vive, pensa e age. Além disso, diversos acontecimentos globais e locais, como desmatamento, mudanças climáticas, poluição, energia nuclear e o uso de transgênicos na agricultura, são questões que encontram-se englobadas nas preocupações de muitos brasileiros. Nesse sentido, a sociedade passa a enxergar a Ciência e a Tecnologia como ferramentas capazes de solucionar problemas, para os indivíduos e para a sociedade, criando uma abertura para novas formas de ver o mundo (BRASIL, 2018b).

A área de Ciências da Natureza organiza os conhecimentos por meio de leis, teorias e modelos. Sendo assim, elaborar, interpretar e aplicar modelos explicativos para fenômenos naturais, além da utilização de ferramentas tecnológicas, são aspectos essenciais do trabalho científico. Dessa forma, a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias no Ensino Médio permite desenvolver o pensamento crítico por meio de aprendizagens específicas, visto as suas aplicações em diversos contextos (SANTOS; MOREIRA, 2020).

Diante disto, e de acordo com as competências gerais da Educação Básica, a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias no Ensino Médio deve assegurar aos alunos o desenvolvimento de determinadas competências, alcançando as habilidades

que estão relacionadas a cada uma delas. A Tabela 3 apresenta as três competências específicas para a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias no Ensino Médio, de acordo com a BNCC (BRASIL, 2018c).

Tabela 3: Competências específicas da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias para o Ensino Médio.

Competência 1	Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e 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 global.
Competência 2	Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis.
Competência 3	Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).

Fonte: BRASIL, 2018c.

Cada competência específica está diretamente relacionada às habilidades que a compõem. Estas habilidades são utilizadas para o desenvolvimento prático dos conteúdos que serão abordados durante as etapas da formação, podendo ser tangível e adaptável de acordo com suas necessidades. A Tabela 4 apresenta as habilidades de cada competência, conforme estabelecido pela BNCC (BRASIL, 2018b).

Tabela 4: Habilidades atribuídas à área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias para o Ensino Médio.

Competência Específica 1	
EM13CNT101	Analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas.
EM13CNT102	Realizar previsões, avaliar intervenções e/ou construir protótipos de sistemas térmicos que visem à sustentabilidade, considerando sua composição e os efeitos das variáveis termodinâmicas sobre seu funcionamento, considerando também o uso de tecnologias digitais que auxiliem no cálculo de estimativas e no apoio à construção dos protótipos.
EM13CNT103	Utilizar o conhecimento sobre as radiações e suas origens para avaliar as potencialidades e os riscos de sua aplicação em equipamentos de uso cotidiano, na saúde, no ambiente, na indústria, na agricultura e na geração de energia elétrica.
EM13CNT104	Avaliar os benefícios e os riscos à saúde e ao ambiente, considerando a composição, a toxicidade e a reatividade de diferentes materiais e produtos, como também o nível de exposição a eles, posicionando-se criticamente e propondo soluções individuais e/ou coletivas para seus usos e descartes responsáveis.
EM13CNT105	Analisar os ciclos biogeoquímicos e interpretar os efeitos de fenômenos naturais e da interferência humana sobre esses ciclos, para promover ações individuais e/ou coletivas que minimizem consequências nocivas à vida.

- EM13CNT106** Avaliar, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais, tecnologias e possíveis soluções para as demandas que envolvem a geração, o transporte, a distribuição e o consumo de energia elétrica, considerando a disponibilidade de recursos, a eficiência energética, a relação custo/benefício, as características geográficas e ambientais, a produção de resíduos e os impactos socioambientais e culturais.
- EM13CNT107** Realizar previsões qualitativas e quantitativas sobre o funcionamento de geradores, motores elétricos e seus componentes, bobinas, transformadores, pilhas, baterias e dispositivos eletrônicos, com base na análise dos processos de transformação e condução de energia envolvidos – com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais –, para propor ações que visem a sustentabilidade.

Competência Específica 2

- EM13CNT201** Analisar e discutir modelos, teorias e leis propostos em diferentes épocas e culturas para comparar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo com as teorias científicas aceitas atualmente.
- EM13CNT202** Analisar as diversas formas de manifestação da vida em seus diferentes níveis de organização, bem como as condições ambientais favoráveis e os fatores limitantes a elas, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros).
- EM13CNT203** Avaliar e prever efeitos de intervenções nos ecossistemas, e seus impactos nos seres vivos e no corpo humano, com base nos mecanismos de manutenção da vida, nos ciclos da matéria e nas transformações e transferências de energia, utilizando representações e simulações sobre tais fatores, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação

e de realidade virtual, entre outros).

- EM13CNT204** Elaborar explicações, previsões e cálculos a respeito dos movimentos de objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo com base na análise das interações gravitacionais, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros).
- EM13CNT205** Interpretar resultados e realizar previsões sobre atividades experimentais, fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas noções de probabilidade e incerteza, reconhecendo os limites explicativos das ciências.
- EM13CNT206** Discutir a importância da preservação e conservação da biodiversidade, considerando parâmetros qualitativos e quantitativos, e avaliar os efeitos da ação humana e das políticas ambientais para a garantia da sustentabilidade do planeta.
- EM13CNT207** Identificar, analisar e discutir vulnerabilidades vinculadas às vivências e aos desafios contemporâneos aos quais as juventudes estão expostas, considerando os aspectos físico, psicoemocional e social, a fim de desenvolver e divulgar ações de prevenção e de promoção da saúde e do bem-estar.
- EM13CNT208** Aplicar os princípios da evolução biológica para analisar a história humana, considerando sua origem, diversificação, dispersão pelo planeta e diferentes formas de interação com a natureza, valorizando e respeitando a diversidade étnica e cultural humana.
- EM13CNT209** Analisar a evolução estelar associando-a aos modelos de origem e distribuição dos elementos químicos no Universo, compreendendo suas relações com as condições necessárias ao surgimento de sistemas solares e planetários, suas estruturas e composições e as possibilidades de existência de vida, utilizando representações e simulações, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais
-

(como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros).

Competência Específica 3

- EM13CNT301** Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.
- EM13CNT302** Comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de análises, pesquisas e/ou experimentos, elaborando e/ou interpretando textos, gráficos, tabelas, símbolos, códigos, sistemas de classificação e equações, por meio de diferentes linguagens, mídias, tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), de modo a participar e/ou promover debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural e ambiental.
- EM13CNT303** Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, tanto na forma de textos como em equações, gráficos e/ou tabelas, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações.
- EM13CNT304** Analisar e debater situações controversas sobre a aplicação de conhecimentos da área de Ciências da Natureza (tais como tecnologias do DNA, tratamentos com células-tronco, neurotecnologias, produção de tecnologias de defesa, estratégias de controle de pragas, entre outros), com base em argumentos consistentes, legais, éticos e responsáveis, distinguindo diferentes pontos de vista.
- EM13CNT305** Investigar e discutir o uso indevido de conhecimentos das Ciências

da Natureza na justificativa de processos de discriminação, segregação e privação de direitos individuais e coletivos, em diferentes contextos sociais e históricos, para promover a equidade e o respeito à diversidade.

- EM13CNT306** Avaliar os riscos envolvidos em atividades cotidianas, aplicando conhecimentos das Ciências da Natureza, para justificar o uso de equipamentos e recursos, bem como comportamentos de segurança, visando à integridade física, individual e coletiva, e socioambiental, podendo fazer uso de dispositivos e aplicativos digitais que viabilizem a estruturação de simulações de tais riscos.
- EM13CNT307** Analisar as propriedades dos materiais para avaliar a adequação de seu uso em diferentes aplicações (industriais, cotidianas, arquitetônicas ou tecnológicas) e/ou propor soluções seguras e sustentáveis considerando seu contexto local e cotidiano.
- EM13CNT308** Investigar e analisar o funcionamento de equipamentos elétricos e/ou eletrônicos e sistemas de automação para compreender as tecnologias contemporâneas e avaliar seus impactos sociais, culturais e ambientais.
- EM13CNT309** Analisar questões socioambientais, políticas e econômicas relativas à dependência do mundo atual em relação aos recursos não renováveis e discutir a necessidade de introdução de alternativas e novas tecnologias energéticas e de materiais, comparando diferentes tipos de motores e processos de produção de novos materiais.
- EM13CNT3010** Investigar e analisar os efeitos de programas de infraestrutura e demais serviços básicos (saneamento, energia elétrica, transporte, telecomunicações, cobertura vacinal, atendimento primário à saúde e produção de alimentos, entre outros) e identificar necessidades locais e/ou regionais em relação a esses serviços, a fim de avaliar
-

e/ou promover ações que contribuam para a melhoria na qualidade de vida e nas condições de saúde da população.

Fonte: BRASIL, 2018b.

Segundo Reis e colaboradores (2021), ao compreender as competências e habilidades estabelecidas, pode-se afirmar que a BNCC propõe promover um ensino onde o aluno entende a ciência como uma ferramenta contextualizada de maneira social, histórica e cultural, abordando questões científicas, ambientais, sociais e tecnológicas, além de aprimorar o fazer científico.

Desta forma, este trabalho está compreendido de maneira interligada entre as três competências específicas estabelecidas pela BNCC para o Ensino Médio, abrangendo as habilidades: EM13CNT101, EM13CNT104, EM13CNT105, EM13CNT202, EM13CNT206, EM13CNT306, EM13CNT308, EM13CNT309.

6. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Com o intuito de alcançar os objetivos descritos, os procedimentos metodológicos da pesquisa concretizam-se mediante duas etapas, que se subdividem e são essenciais para o desenvolvimento efetivo da mesma:

1ª ETAPA: MONITORAMENTO DE COV NA CIDADE DE ITAPERUNA - RJ.

1.1. MATERIAIS E REAGENTES

Todos os padrões analíticos foram obtidos individualmente e com alto grau de pureza (padrão para GC - cromatografia à gás). O solvente usado para a diluição dos padrões foi o metanol, 99,9 % (Fluka, PA) grau HPLC. Todas as vidrarias utilizadas foram lavadas, previamente, com água deionizada e purificada por um sistema de osmose reversa, com resistividade igual a $18,2 \text{ M}\Omega \text{ cm}^{-1}$ (Millipore, Direct-QTM, Alemanha) e secas a $100 \text{ }^\circ\text{C}$ em estufa de secagem e esterilização (Solab, SL-100, 110V).

1.2. AMOSTRAGEM

Primeiramente foi realizado um estudo local da cidade, para a escolha do melhor ponto de coleta. Com isso, definiu-se a Avenida Cardoso Moreira, 572, Centro, Itaperuna - RJ como ponto de coleta de ar *outdoor*.

Os COV foram amostrados de forma ativa por 1 hora em tubos de vidro (Supelco) preenchidos com 250 mg de Tenax® TA (polímero 2,6-difenilfenol). Foram utilizadas bombas Gilian com fluxo de 200 mL min^{-1} forçando o ar através dos tubos Tenax® TA (Figura 2) por meio de sucção. As amostragens foram realizadas sempre no mesmo local e um total de 12 litros de ar foi amostrado. Teve-se o cuidado de iniciar as coletas às 12:00 horas das quartas-feiras de cada semana durante o ano de 2020, e às 12:00 horas das quartas-feiras da primeira e última semana de cada mês durante o ano de 2021. Os tubos Tenax® TA usados para a coleta de ar foram pré-condicionados por 45 min a $290 \text{ }^\circ\text{C}$ sob fluxo de hélio puro com vazão de 70 mL min^{-1} . Após a amostragem, os tubos Tenax® TA foram tampados com conexões Swagelok, selados com Teflon® e armazenados em um freezer a $-20 \text{ }^\circ\text{C}$ até a análise. De acordo com o Método EPA TO-17 (USEPA, 1999), os tubos foram analisados após a amostragem

tomando o cuidado para não ultrapassar o prazo de duas semanas após a amostragem.

1.3. INSTRUMENTAÇÃO

As amostras coletadas foram analisadas por dessorção térmica automatizada acoplada a um cromatógrafo a gás com detecção por espectrometria de massa (ATD-GC/MS). O equipamento automatizado de dessorção térmica (TD-20, Shimadzu, Japan) foi utilizado para aquecer o tubo de amostragem a 280 °C por 5 minutos sob um fluxo de hélio, e a dessorção dos COV foi produzida num trap do ATD, resfriado a -30 °C. Depois da reabsorção, o trap foi aquecido rapidamente a 250 °C e os COV foram transportados por uma linha de transferência (mantida a 290 °C) diretamente para análise em um sistema de GC/MS (Cromatógrafo de Gás com Espectrômetro de Massa - Modelo GCMS-QP2010 Plus, Shimadzu, Japan) equipado com uma coluna capilar HP-5MS (Hewlett-Packard), com 30 m × 0,25 mm × 0,25 mm no filme interno (Figura 3).

Figura 3: Equipamento de dessorção térmica automatizada acoplada a um cromatógrafo a gás com detecção por espectrometria de massa (ATD-GC/MS).



Fonte: Autoria Própria, 2020.

O programa de temperatura foi de 40 °C a 100 °C com uma taxa de 3 °C min⁻¹ e 100 a 290 °C a 10 °C min⁻¹. O fluxo total na coluna foi de 1,7 mL min⁻¹ com um *split* de razão 2 (para as coletas de 19/08/2020 a 09/09/2020) e 16 (para as análises a partir do

dia 09/09/2020). O detector foi configurado para funcionar no modo *Scan* (varredura completa) na faixa de 45 a 550 m/z e para alguns compostos o detector de massas foi operado no modo SIM (*Selective Ion Monitoring*) para realizar a quantificação.

1.4. VALIDAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DOS COV

A quantificação foi realizada para os 10 COV mais comumente identificados em amostras de ar interno por GC/MS sem derivação. Os cromatogramas obtidos foram analisados no software *Post Run Analysis* e, por meio das curvas analíticas, obteve-se a concentração de cada composto de interesse. Os compostos foram identificados em comparação à biblioteca de massas *NIST MS Search 2.0.*, e por meio tempos de retenção (*Tr*) obtidos para os padrões analíticos. As curvas analíticas utilizadas para quantificação foram obtidas pelo método da razão padrão externo/padrão interno (PE/PI) e foram preparadas a partir de uma solução padrão estoque obtida pela adição de 5 μL de padrões analíticos dos compostos de interesse em metanol. O padrão interno (PI) utilizado foi o tolueno deuterado e o mesmo foi adicionado (1 μL na concentração de 100 $\mu\text{L.L}^{-1}$) em todos os tubos Tenax antes das análises no ATD-GC/MS. A partir dessa solução, foram feitas diluições para obtenção dos demais pontos da curva analítica. Foi injetado 5 μL em cada ponto da curva com uma microseringa (Hamilton, Reno, NV, USA) em Tubos de Tenax® TA, e em duplicata, de acordo com o Método TO-17 EPA. Por fim, os parâmetros de linearidade, sensibilidade, limite de detecção (LD) e limite de quantificação (LQ) foram determinados para garantir a confiabilidade dos resultados. Para o LD e LQ foi utilizado o método baseado em parâmetros da curva analítica.

2ª ETAPA: ABORDAGEM INTERDISCIPLINAR NO ENSINO DE QUÍMICA ACERCA DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

2.1. DEFINIÇÃO DA ESCOLA CAMPO

Nesta etapa foi definida a escola campo a qual foram realizadas as atividades propostas neste trabalho. Como critério, optou-se por escolher o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense *Campus* Itaperuna - RJ, visto que o instituto oferta tanto o Ensino Técnico, quanto o Ensino Médio. Com isso, a proposta foi realizar a pesquisa deste trabalho com alunos do Ensino Médio Integrado ao Curso Técnico em Química, para que tornasse possível avaliar as diferentes perspectivas dos alunos nesta fase da educação básica.

2.2. APLICAÇÃO DA OFICINA

A oficina foi realizada de maneira expositiva e didática, aplicando dois questionários: inicial, para avaliar o conhecimento dos alunos antes da oficina; e final, para avaliar o conhecimento que os alunos absorveram com a oficina.

Neste momento foram demonstrados de maneira visual, por meio de slides, a abordagem teórica do conteúdo da oficina, que neste caso foi acerca da Química Atmosférica. Os conteúdos abordados foram representados com uma diversidade de imagens, exemplos cotidianos dos fenômenos químicos discutidos, elementos, moléculas, entre outros, para que dessa forma os alunos pudessem correlacionar os conteúdos teóricos ao seu cotidiano.

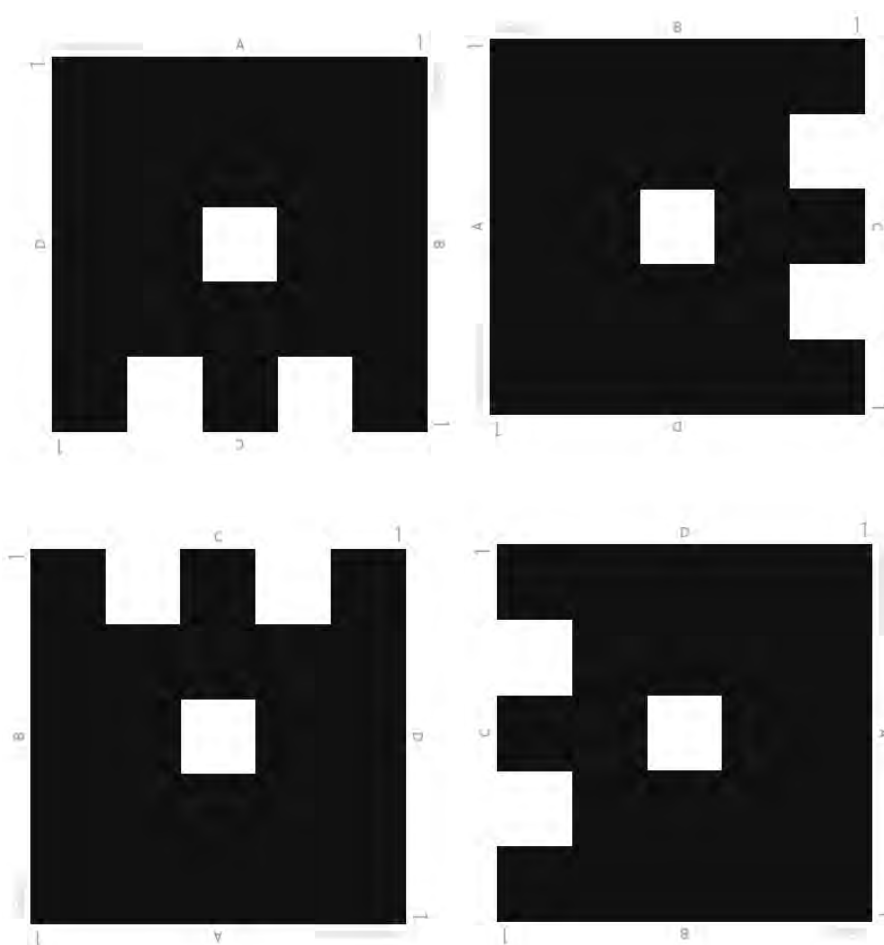
Ao final da oficina foi realizada uma atividade lúdica com os alunos, onde foi realizado um jogo de tabuleiro com questões abordadas durante a oficina.

2.3. COLETA E INTERPRETAÇÃO DE DADOS

Nesta etapa da pesquisa foi realizado um questionário com questões referentes às problemáticas discutidas anteriormente. Para isso, 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. O *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 será realizado. Todos os códigos são 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 dos mesmos por meio de gráficos. A Figura 4 exemplifica as quatro posições para respostas de um dos *QR Codes* gerados pela plataforma, onde a letra que permanece no topo responde a questão proposta.

Figura 4: Exemplo de *QR Code* gerados pela plataforma *Plickers*



Fonte: Plataforma *Plickers*, 2022.

A plataforma *Plickers* gera dados em forma de porcentagem, identificando as respostas de cada participante. Dessa forma, os resultados serão avaliados a partir

destes dados, que serão tratados e apresentados no tópico de Resultados e Discussão contidos neste trabalho.

7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

7.1. AVALIAÇÃO DOS COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS AROMÁTICOS NA CIDADE DE ITAPERUNA - RJ

CARACTERÍSTICAS DE DESEMPENHO PARA O PROCEDIMENTO ANALÍTICO DESENVOLVIDO

Os principais parâmetros de desempenho obtidos para a quantificação dos COV aromáticos na cidade de Itaperuna foram os Limites de Detecção (LD) e Quantificação (LQ) e o Coeficiente de Determinação (r^2), que estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5: Características de desempenho para os Compostos Orgânicos Voláteis Aromáticos estudados.

Compostos	LD (ng)	LQ (ng)	Coeficiente de Determinação (r^2)
Benzeno	4	13	0,937
Tolueno	4	13	0,937
Etilbenzeno	3	10	0,955
<i>m,p</i> -Xileno	3	10	0,927
<i>o</i> -Xileno	1	4	0,978
Propilbenzeno	1	4	0,984
4-Etiltolueno	8	28	0,856
1,2,3-Trimetilbenzeno	2	7	0,978
Butilbenzeno	3	10	0,961

Fonte: Autoria Própria, 2022.

As curvas analíticas construídas para os 10 compostos estudados, obtiveram boa linearidade (r^2 entre 0,927–0,9844) para todos os compostos, exceto para o 4-Etiltolueno, que se manteve abaixo do limite de detecção em quase todos os dias de amostragem.

As curvas analíticas construídas foram avaliadas utilizando a Análise de Variância (ANOVA), para verificar a regressão e a falta de ajuste do modelo desenvolvido (SOUZA *et al.*, 2020). O Teste F é utilizado para comparar modelos estatísticos que foram ajustados usando os mesmos fatores subjacentes e conjuntos de dados para determinar o modelo com o melhor ajuste (STAHLE; WOLD, 1989). Assim, o Teste F foi aplicado neste trabalho para verificar a significância da regressão, visto que um F calculado maior que o F tabelado ($F_{\text{calculado}} > F_{\text{tabelado}}$) indica que há uma regressão adequada e, conseqüentemente, um modelo matemático satisfatório ao experimento. No entanto, para avaliar a falta de ajuste do modelo, a relação é de que um F calculado menor que o F tabelado ($F_{\text{calculado}} < F_{\text{tabelado}}$) indica ausência de falta de ajuste, ou seja, um modelo ajustado adequadamente (STAHLE; WOLD, 1989; SOUZA *et al.*, 2020).

A Tabela 6 apresenta os resultados obtidos para análise de regressão e falta de ajuste do modelo por meio do Teste F, com 95 % de confiança.

Tabela 6: Resultados das análises de regressão e falta de ajuste do modelo.

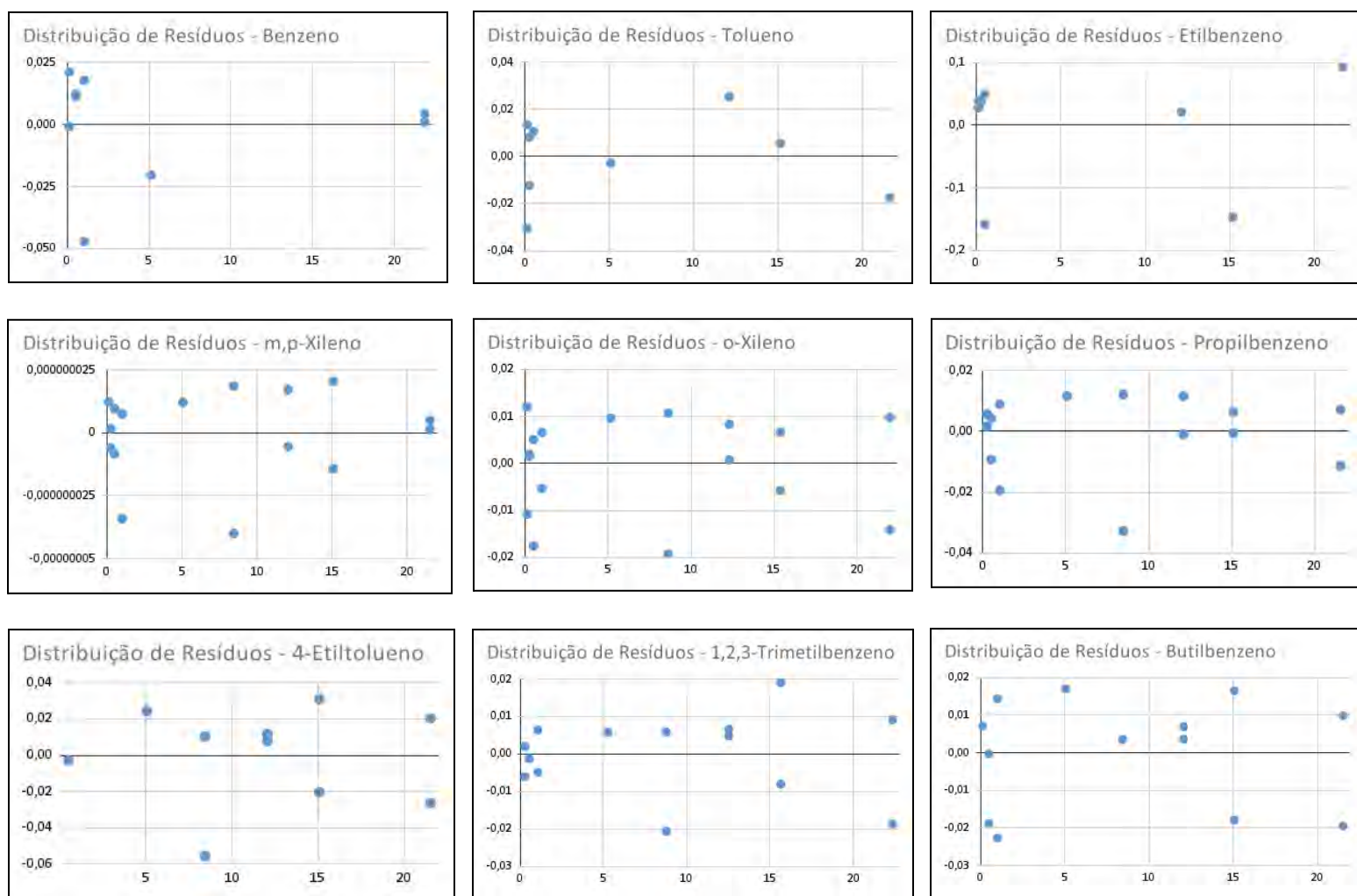
Compostos	F_{regressão} (calculado)	F_{regressão} (tabelado)	F_{falta de ajuste} (calculado)	F_{falta de ajuste} (tabelado)
Benzeno	50,8	5,6	0,8	6,6
Tolueno	50,7	5,6	0,4	19,3
Etilbenzeno	72,8	5,6	1,4	9,1
<i>m,p</i> -Xileno	15,0	4,6	0,5	3,5
<i>o</i> -Xileno	15,0	4,6	0,5	3,5
Propilbenzeno	15,1	4,6	0,4	3,5
4-Etiltolueno	16,7	5,6	0,6	6,6
1,2,3-Trimetilbenzeno	264,6	4,7	0,3	4,3
Butilbenzeno	132,9	4,8	0,3	4,9

Fonte: Autoria própria, 2022.

A partir dos resultados apresentados na Tabela 6 observa-se que a qualidade do método pode ser considerada adequada, devido à boa regressão e à ausência de falta

de ajuste, demonstrando que o modelo matemático utilizado é satisfatório ao experimento. A significância estatística do modelo foi comprovada por meio da análise da distribuição de resíduos, que podem ser observados na Figura 5.

Figura 5: Gráficos da Distribuição de Resíduos para todos os COV estudados.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Assim, analisando todos os gráficos obtidos por meio da distribuição residual de cada composto, pode-se afirmar que o modelo é considerado homocedástico, confirmando a boa regressão e a utilização do modelo matemático aplicado. Com essas afirmativas, as curvas analíticas construídas foram utilizadas para quantificar os COV estudados, e as concentrações encontradas estão apresentadas na Tabela 7.

Tabela 7: Resultados das concentrações dos COV analisados durante o monitoramento realizado.

Concentrações dos Compostos Orgânicos Voláteis ($\mu\text{g m}^{-3}$)									
Data de Coleta	Benzeno	Tolueno	Etilbenzeno	<i>m,p</i> -Xileno	<i>o</i> -Xileno	Propilbenzeno	4-Etiltolueno	1,2,3-Trimetilbenzeno	Butilbenzeno
19/08/2020	3,6	7,0	1,4	5,7	5,7	0,5	< LD	0,8	< LD
26/08/2020	4,7	4,5	1,3	3,4	4,7	0,2	< LD	0,2	3,1
02/09/2020	1,8	2,2	0,8	1,4	3,2	< LD	< LD	< LD	< LD
09/09/2020	2,6	5,0	1,1	3,8	4,4	0,2	< LD	0,1	< LD
16/09/2020	60,6	43,8	34,8	22,3	84,1	8,5	11,3	11,9	10,5
23/09/2020	7,3	9,5	3,2	8,0	8,9	0,8	< LD	1,5	< LD
30/09/2020	3,1	8,8	3,0	7,1	8,0	0,7	< LD	1,3	< LD
07/10/2020	2,0	5,0	3,0	3,7	6,0	0,2	< LD	0,2	< LD
14/10/2020	3,7	9,4	18,2	15,9	19,2	1,0	< LD	1,4	< LD
21/10/2020	3,6	6,9	15,2	5,9	8,8	0,7	< LD	0,8	< LD

28/10/2020	9,4	18,0	14,9	14,4	20,4	2,1	< LD	2,7	< LD
04/11/2020	0,7	1,1	21,3	1,1	7,4	0,5	< LD	< LD	< LD
11/11/2020	3,9	13,5	25,1	18,5	19,1	2,4	6,2	2,6	< LD
18/11/2020	3,4	4,4	22,7	3,8	10,0	0,8	1,3	< LD	< LD
25/11/2020	2,9	10,3	23,0	10,9	14,0	1,4	2,4	1,1	< LD
02/12/2020	4,1	9,4	23,8	8,2	11,9	1,3	3,3	0,7	< LD
10/03/2021	1,7	6,0	0,4	5,1	1,2	< LD	< LD	< LD	< LD
31/03/2021	2,3	7,8	0,5	6,2	1,9	0,07	< LD	< LD	< LD
07/04/2021	2,4	2,4	6,7	0,5	6,0	1,3	< LD	< LD	< LD
05/05/2021	1,6	9,3	1,1	7,1	1,9	< LD	< LD	< LD	< LD

Fonte: Autoria própria, 2022.

Com estes valores, é possível realizar uma análise comparativa dos valores encontrados com os valores de referência estipulados por normas regulamentadoras. A Tabela 8 apresenta os limites de exposição ocupacionais dos COV estudados neste trabalho a partir de três legislações: a Norma Regulamentadora NR 15 (Atividades e Operações Insalubres) e as normas OSHA e NIOSH dos Estados Unidos da América. Estas normas possuem o propósito de determinar os níveis mais seguros à saúde, adotando a melhoria da exposição a agentes químicos.

Tabela 8: Limites de exposição ocupacional para os COV estudados.

Compostos	NR 15 (Brasil)¹	OSHA (EUA)²	NIOSH (EUA)³
Benzeno	-	1 (3,2)*	1 (3,2)
Tolueno	78 (293,8)	200 (752,6)	100 (376,3)
Etilbenzeno	78 (338,2)	100 (433,5)	100 (433,5)
Xileno (e isômeros)	78 (338,2)	100 (433,5)	100 (433,5)
Propilbenzeno	-	-	-
4-Etiltolueno	-	-	-
1,2,3-Trimetilbenzeno	-	24,4 (117,8)	25 (122,7)
Butilbenzeno	-	-	-

Fonte: BRASIL, 2018; OSHA, 2019; NIOSH, 2018.

¹NR15: Tempo médio de 48 horas semanais de trabalho. Limites ocupacionais para qualidade do ar em ambientes industriais e não industriais.

²OSHA: Tempo médio de 48 horas semanais de trabalho. Limites ocupacionais para qualidade do ar em ambientes industriais.

³NIOSH: Tempo médio de 48 horas semanais de trabalho. Limites ocupacionais para qualidade do ar em ambientes industriais.

*Valores em ppm_v e mg m⁻³ (entre parênteses).

Os compostos benzeno, tolueno, etilbenzeno e os isômeros de xileno são substâncias comumente encontradas na combustão de combustíveis fósseis. As maiores concentrações (embora abaixo dos limites máximos legislados) obtidas para

estes compostos podem ser justificadas pelo ponto de amostragem destinado, visto que este é um local próximo à BR 356, com grande fluxo de veículos automotores.

A NR 15 não estabelece limites de tolerância para o 1,2,3-trimetilbenzeno. Além disso, nenhuma das normas apresentadas estabelecem limites para os compostos propilbenzeno, 4-etiltolueno e butilbenzeno. Ressalta-se que a NR 15 havia excluído o composto benzeno da norma pela Portaria n.º 03, de 10 de março de 1994. No entanto, em 2022 o benzeno foi reintegrado à regulamentação pela Portaria MTP nº 806, de 13 de abril de 2022 (BRASIL, 2022). Para fins de aplicação, foi definida a categoria do Valor de Referência Tecnológico - Média Ponderada pelo Tempo (VRT-MPT), que corresponde à concentração média de benzeno no ar considerando o tempo de exposição, para uma jornada de trabalho de oito horas. A VRT-MPT estabelece o limite de benzeno de 1 ppm_v (3,2 mg m⁻³) para as empresas abrangidas na norma, com exceção das empresas siderúrgicas, as produtoras de álcool anidro e as que deverão substituir o benzeno a partir de 01/01/1997. A categoria estabelece ainda o limite de 2,5 ppm_v (8,0 mg m⁻³) para empresas siderúrgicas (BRASIL, 2022).

Assim, afirma-se a necessidade de novas análises legislativas para agregar a maior parte dos poluentes atmosféricos, e assim criar políticas públicas adequadas aos limites de tolerância permitidos. Além disso, é importante ressaltar que as coletas foram realizadas em um dos pontos mais críticos da cidade, onde há um intenso fluxo de pessoas e de veículos automotores. Dessa forma, as coletas especificam as características e concentrações dos COV neste ponto de amostragem, tornando este o ponto de partida para a continuação do estudo. No entanto, é necessário que sejam realizadas mais amostragens, e em diferentes pontos da cidade, para possibilitar a avaliação integral da poluição atmosférica em Itaperuna.

RAZÕES DAS CONCENTRAÇÕES DE COV AROMÁTICOS

Neste estudo, foram calculadas as razões entre as concentrações como indicadores da qualidade do ar, que podem indicar o envelhecimento da atmosfera, possíveis fontes de emissão desses compostos e a ocorrência de reações fotoquímicas (JUN-LIN *et al.*, 2012).

Os BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e isômeros de xileno) são os compostos aromáticos mais importantes, visto que são parte de uma classe de compostos orgânicos derivados do petróleo. Além disso, os BTEX contribuem de

maneira significativa na poluição atmosférica, por apresentarem dificuldade em degradar-se. Este trabalho obteve concentrações médias de benzeno, tolueno, etilbenzeno, *m,p*-xileno e *o*-xileno de $6,28 \mu\text{g m}^{-3}$, $9,44 \mu\text{g m}^{-3}$, $10,76 \mu\text{g m}^{-3}$, $7,92 \mu\text{g m}^{-3}$ e $12,11 \mu\text{g m}^{-3}$, respectivamente. Concentrações médias de benzeno, tolueno, etilbenzeno e *m,p*-xileno, embora abaixo do limite de quantificação, foram usadas para avaliar as proporções entre os COV avaliados.

A razão entre a concentração de xileno/benzeno (X/B), foi utilizada para indicar a proporção de ar envelhecido. Esta razão, quando menor que um ($X/B < 1$) aponta a ocorrência de uma atmosfera envelhecida, onde não há um fluxo de ventilação local considerável, o que indica uma baixa formação de reações fotoquímicas (LIU *et al.*, 2008).

Para avaliar a possibilidade da ocorrência de reações fotoquímicas na cidade, foi utilizada a razão xileno/etilbenzeno (X/E). Esta razão indica que os valores maiores que 3,8 ($X/E > 3,8$) apontam massas de ar envelhecidas, e valores abaixo indicam que a massa de ar é proveniente de emissões recentes ou de ocorrência de reações fotoquímicas (LIU *et al.*, 2008; BRETÓN *et al.*, 2017).

Por fim, pode-se analisar a razão T/B, que indica que, quando menores que 2 ($T/B < 2,0$) há influência de fontes de emissões veiculares. No entanto, razões maiores que 2 ($T/B > 2,0$), indicam que há influência de fontes industriais (LIU *et al.*, 2008; BRETÓN *et al.*, 2017).

As razões estabelecidas foram calculadas considerando a média das concentrações de cada composto, e estão apresentadas na Tabela 9.

Tabela 9: Razões calculadas para os COV aromáticos estudados.

Razões	Valor encontrado
Xileno/Benzeno (X/B)	1,3
Xileno/Etilbenzeno (X/E)	0,7
Tolueno/Benzeno (T/B)	1,5

Fonte: Autoria própria, 2022.

Com estes valores definidos e apresentados na Tabela 7, foi possível observar que a cidade de Itaperuna possui ocorrência de reações fotoquímicas ($X/B = 1,3$). Este

fator pode estar relacionado à formação do relevo da cidade, visto que, por ser possuir um relevo ondulado, o município é rodeado por vales em constante aprofundamento e alargamento, o que promove uma baixa circulação de ar. Devido à presença de montanhas ao redor de Itaperuna, os ventos sofrem desvios, e com isso provocam uma menor dispersão desses compostos à medida em que são gerados. Assim, com a estagnação do ar, a probabilidade de reações fotoquímicas é maior. Este fator é comprovado a partir da média de velocidade dos ventos durante o período amostral, que se manteve na média de $2,5 \text{ m s}^{-1}$ (e máxima de $4,0^{-1}$). Dessa forma, ao incidir radiação sobre essa massa de ar contaminada, há a ocorrência de reações fotoquímicas na cidade.

Observa-se que a razão X/E encontrada em Itaperuna é inferior à 3,8 ($X/E = 0,7$), e assim pode-se considerar que as massas de ar apresentam fontes de emissões mais recentes, ou que há uma alta obtenção de reações fotoquímicas na cidade.

A partir destas considerações, observa-se que na cidade de Itaperuna ($T/B = 1,5$) há a predominância de fontes de emissões veiculares, o que concorda com as particularidades do local de amostragem, que é uma rodovia com alto tráfego de veículos automotores.

7.2. AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS DA OFICINA “ QUÍMICA ATMOSFÉRICA: É BRINCANDO QUE SE APRENDE!”

Como mencionado, este trabalho tem como um de seus objetivos correlacionar os fenômenos cotidianos aos conteúdos que são abordados na área de Química. Com isso, foi proposto uma oficina no VI Congresso de Interdisciplinaridade do Noroeste Fluminense (VI CONINF - 2022) voltada para alunos do Ensino Médio do IF Fluminense *Campus* Itaperuna - RJ. Assim, foi possível estabelecer um contato direto com os alunos, procurando saber o que estes já sabem sobre a temática proposta (por meio de um questionário inicial), e o que aprenderam através da oficina (por meio de um questionário final). A oficina foi proposta para 20 alunos, no entanto, apenas 18 alunos estiveram presentes. Além disso, foi proposto um jogo de tabuleiro após a oficina, para contribuir com a fixação do conteúdo trabalho.

QUESTIONÁRIO INICIAL

Para compreender o que os alunos presentes já obtinham de conhecimento prévio sobre os assuntos abordados na oficina, foi proposto um questionário inicial por

meio da plataforma *Plickers* (Apêndice I). Foram trabalhadas 10 perguntas optativas, e as questões foram elaboradas a nível de Ensino Médio e de conhecimentos gerais.

Como o questionário não é nomeado, os alunos foram marcados com números de 1 a 18. Com isso, cabe ressaltar que o aluno 18 não esteve presente durante o início do questionário, logo, este não respondeu às três primeiras perguntas.

A primeira pergunta possibilitou avaliar o grau de escolaridade dos alunos presentes, onde de 17 respondentes, 16 ainda estão cursando o Ensino Médio (Figura 6), concordando com o objetivo da pesquisa.

Figura 6: Gráfico elaborado a partir da primeira pergunta do questionário inicial.



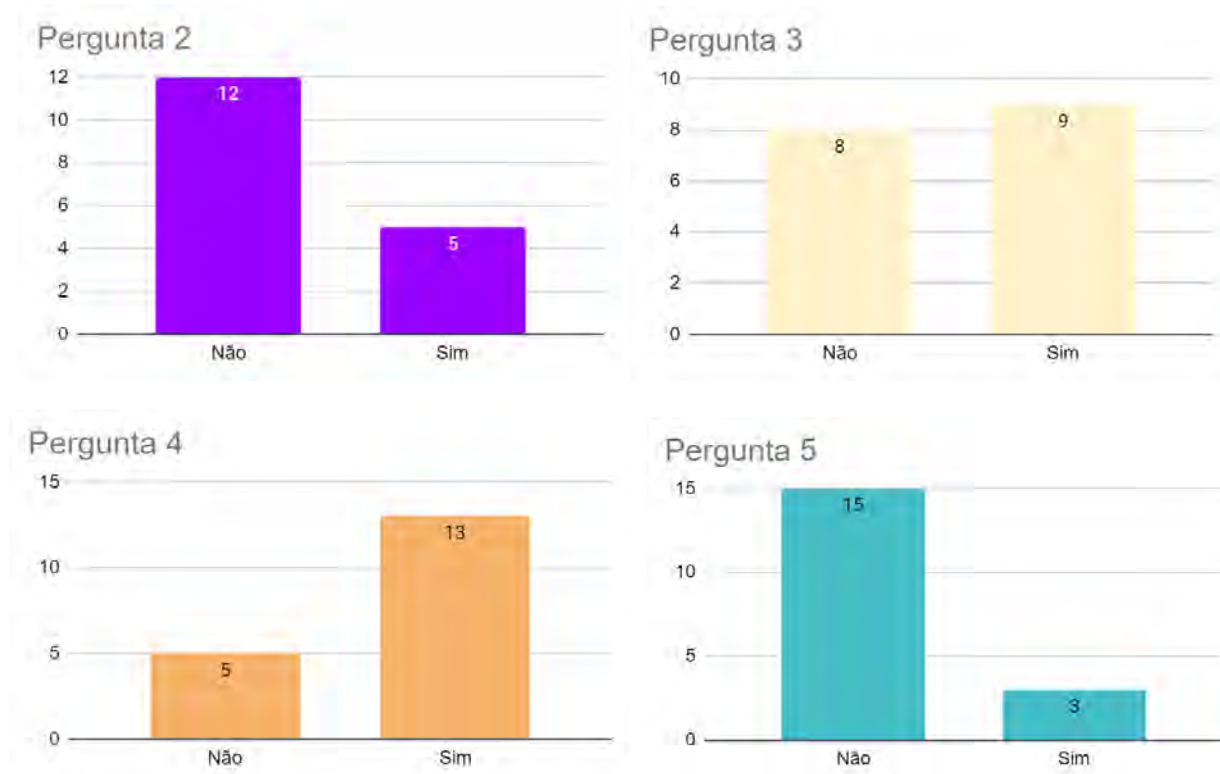
Fonte: Autoria Própria, 2022.

As perguntas 2, 3, 4 e 5 abordam o que os alunos acreditam sobre os efeitos que a poluição atmosférica provoca, correlacionando estas aos assuntos que foram abordados durante a oficina, a saber:

- **Pergunta 2:** Você sabe quais gases poluentes estão presentes no ar que respiramos?
- **Pergunta 3:** Você já ouviu falar sobre Compostos Orgânicos Voláteis e seus efeitos na fauna, flora e na saúde humana?
- **Pergunta 4:** Você considera um ambiente pouco arborizado como um ambiente mais poluído?
- **Pergunta 5:** Você acredita que a poluição do ar pode provocar a morte de um indivíduo?

Estes questionamentos levantam questões importantes e que estão presentes no cotidiano dos sujeitos, no entanto, em grande maioria estes assuntos são transpassados de maneira rápida e sem ênfase durante a formação básica, não transitando sobre as questões químicas envolvidas. Com isso, por meio dos gráficos apresentados na Figura 7, pode-se observar como os alunos estão integrados ao assunto, e como enxergam a problemática.

Figura 7: Gráfico elaborado a partir das perguntas 2, 3, 4 e 5.



Fonte: Autoria Própria, 2022.

A partir da pergunta 2, pode-se observar que a maioria dos alunos (12 deles) não estão cientes quanto às substâncias que estão presentes no ar que respiramos. Este fato comprova que, apesar de pertencer à uma temática global e atual, muitos indivíduos não recebem informações necessárias durante sua formação, não os preparando para a vida adulta. Esta afirmativa também concorda com os resultados da pergunta 5, visto que 15 dos 18 alunos presentes acreditam que a poluição atmosférica não pode provocar a morte de um indivíduo.

Segundo a Karimi e Shokrinezhad (2021), a OMS recomendou que a exposição à poluição do ar está associada a 4,2 milhões de mortes prematuras a cada ano. Apesar do trabalho de Karimi e Shokrinezhad ter sido publicado recentemente, os dados da OMS divulgados pelos autores datam de 2016. Este espaço temporal demonstra uma carência na divulgação das informações, fazendo com que muitas problemáticas não alcance todos os indivíduos e cause um déficit na formação do pensamento crítico. É notório que o assunto é pertinente a qualquer indivíduo que habita a Terra. No entanto, mesmo com tantas consequências evidentes, a poluição atmosférica ainda é “invisível”, e desta forma, muitos cidadãos não conseguem correlacionar seus efeitos à saúde humana, à fauna e à flora.

O resultado obtido por meio da pergunta 4 demonstra que, mesmo com a desinformação de alguns conceitos, os alunos presentes reconhecem a importância de um ambiente arborizado, visto que 13 alunos consideram um ambiente pouco arborizado como mais poluído. Nota-se que, é preciso aprofundar alguns conhecimentos já existentes, e que servem de diálogo no cotidiano das pessoas, para que se torne possível assimilar o contexto da problemática como um todo.

As perguntas 6, 7, 8, 9 e 10 abordam questionamentos mais pontuais sobre o tema da oficina, para avaliar junto ao questionário final, o que os alunos já entendiam e o que agregaram sobre os conceitos trabalhados, a saber:

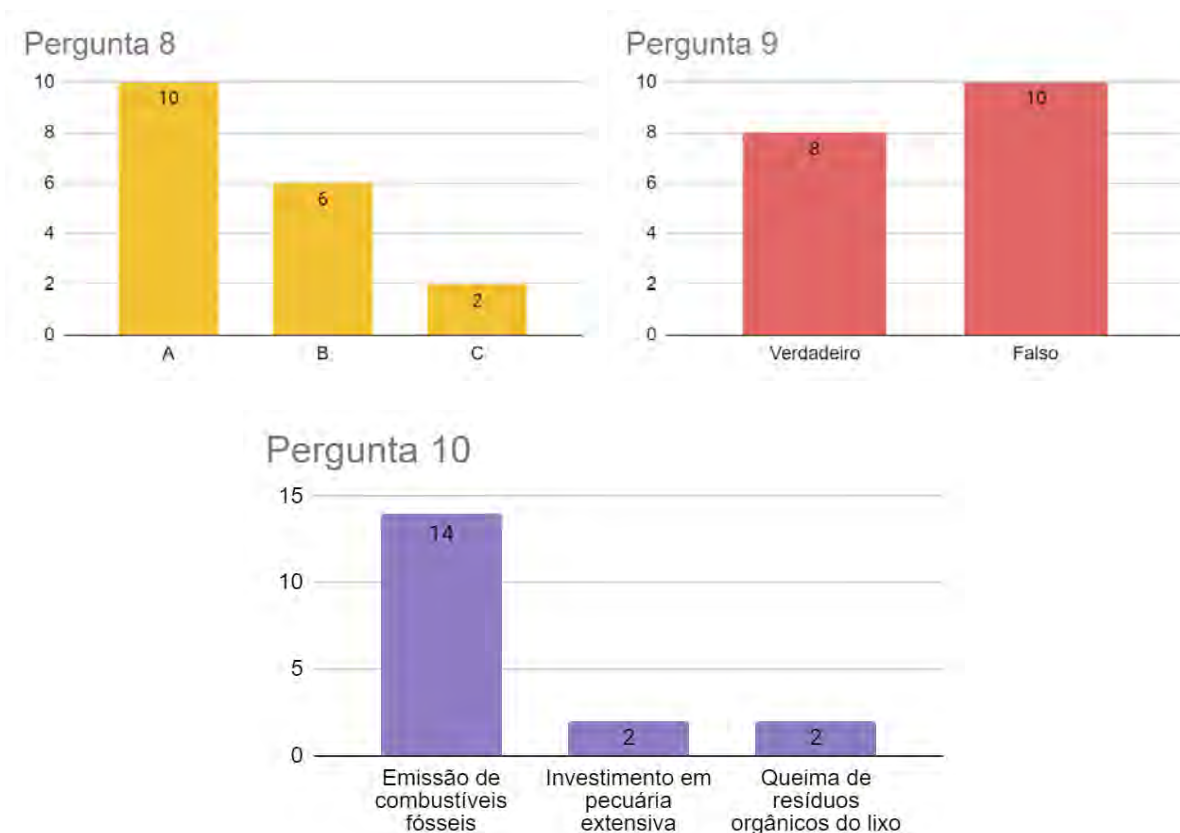
- **Pergunta 6:** Assinale a opção que MENOS contribui para a poluição atmosférica?
 - a) Veículos automotores
 - b) Indústrias
 - c) Coleta seletiva do lixo
 - d) Desmatamento
- **Pergunta 7:** Qual local a seguir poderia conter uma atmosfera MAIS poluída?
 - a) Praia
 - b) Rua pouco movimentada
 - c) Rodovia
 - d) Floresta
- **Pergunta 8:** O efeito estufa pode ser definido como:
 - 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 causado 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
- **Pergunta 9:** As florestas emitem cotidianamente diversos compostos naturais na atmosfera.
- a) Verdadeiro
- b) Falso
- **Pergunta 10:** Com base nos seus conhecimentos sobre o aumento do efeito estufa, aponte uma prática que possibilite a DIMINUIÇÃO da sua ocorrência:
- a) Emissão de combustíveis fósseis
- b) Reflorestamento de regiões desmatadas
- c) Investimento em pecuária extensiva
- d) Queima de resíduos orgânicos do lixo

Apesar de cada uma destas perguntas possuírem uma única alternativa correta, essa não foi revelada aos alunos, para que fosse possível avaliar sem interferência crítica todas as questões levantadas. Além disso, a alternativa correta não foi revelada para efetivar a análise comparativa dos resultados dos questionários inicial e final. A Figura 8 apresenta a relação das respostas obtidas nas perguntas listadas acima.

Figura 8: Gráfico elaborado a partir das perguntas 6, 7, 8, 9 e 10.





Fonte: Autoria Própria, 2022.

Avaliando os resultados obtidos na pergunta 6, observa-se que nenhum aluno considerou a coleta seletiva do lixo como um fator que menos contribui para a poluição atmosférica, no entanto, 13 alunos consideram as indústrias um fator menos poluente. Esta afirmativa transparece na sociedade capitalista a qual vivemos, onde há uma ideologia de fachada sobre as indústrias não poluírem, ou ainda, de que os automóveis não são fontes de emissões significativas. Concordante com este último, observa-se por meio da pergunta 7, que 15 alunos consideram as ruas pouco movimentadas como as mais poluídas, desconsiderando as rodovias que possuem alta circulação de veículos automotores.

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) 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 não reconhecem as trocas gasosas que as florestas realizam com a atmosfera.

Dessa forma, entende-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.

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 abordado previamente com os alunos. As perguntas deste questionário também foram trabalhadas por meio da plataforma *Plickers* (Apêndice II), e todos os 18 alunos presentes responderam às questões.

Durante a oficina foram trabalhadas questões de cunho ambiental e químico, estabelecendo conexão entre todos os fatores apresentados. Sendo assim, as perguntas trabalhadas foram, respectivamente:

- **Pergunta 1:** As moléculas dos COV possuem como base molecular:
 - a) Tolueno
 - b) Benzeno
 - c) *m*-Xileno
 - d) Etilbenzeno
- **Pergunta 2:** O efeito estufa tem como uma de suas consequências o/a:
 - a) aumento da temperatura terrestre
 - b) diminuição do nível de poluição atmosférica
 - c) diminuição no nível de poluição sonora
 - d) não influencia no surgimento de tornados
- **Pergunta 3:** Os Compostos Orgânicos Voláteis (COV) participam de maneira significativa nas reações que levam à formação de O₃ na baixa atmosfera.
 - a) Verdadeiro
 - b) Falso
- **Pergunta 4:** Os Compostos Orgânicos Voláteis aromáticos são:

- a) Polares
- b) Apolares
- **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.
 - 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, NO_x, SO_x, COV, e Pb.
 - c) A origem das fontes poluidoras pode ser classificada somente como primária.
 - d) Os efeitos da poluição têm caráter apenas localizado.
- **Pergunta 6:** São considerados gases responsáveis pela intensificação do efeito estufa, EXCETO:
 - a) Dióxido de carbono (CO₂)
 - b) Oxigênio (O₂)
 - c) Compostos Orgânicos Voláteis (COV)
 - d) Óxido nitroso (N₂O)
- **Pergunta 7:** Os ambientes confinados (indoor) possuem maior acúmulo de poluentes, devido a má circulação do local.
 - a) Verdadeiro
 - b) Falso
- **Pergunta 8:** Entre outros processos, o reflorestamento contribui para a diminuição do efeito estufa, ao promover o(a):
 - a) Aumento da fixação do carbono durante a fotossíntese.
 - b) Aumento da respiração durante o crescimento das plantas.
 - c) Aumento da liberação de gás carbônico para a atmosfera.
 - d) Utilização do metano atmosférico durante a fotossíntese.
- **Pergunta 9:** Do ponto de vista ambiental, a troposfera é uma importante camada da atmosfera porque é nela que se encontra:
 - 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.

- **Pergunta 10:** Analise as alternativas a seguir e marque aquela que representa uma forma de diminuir a poluição atmosférica.

a) Não monitorar áreas que correm risco de incêndio.

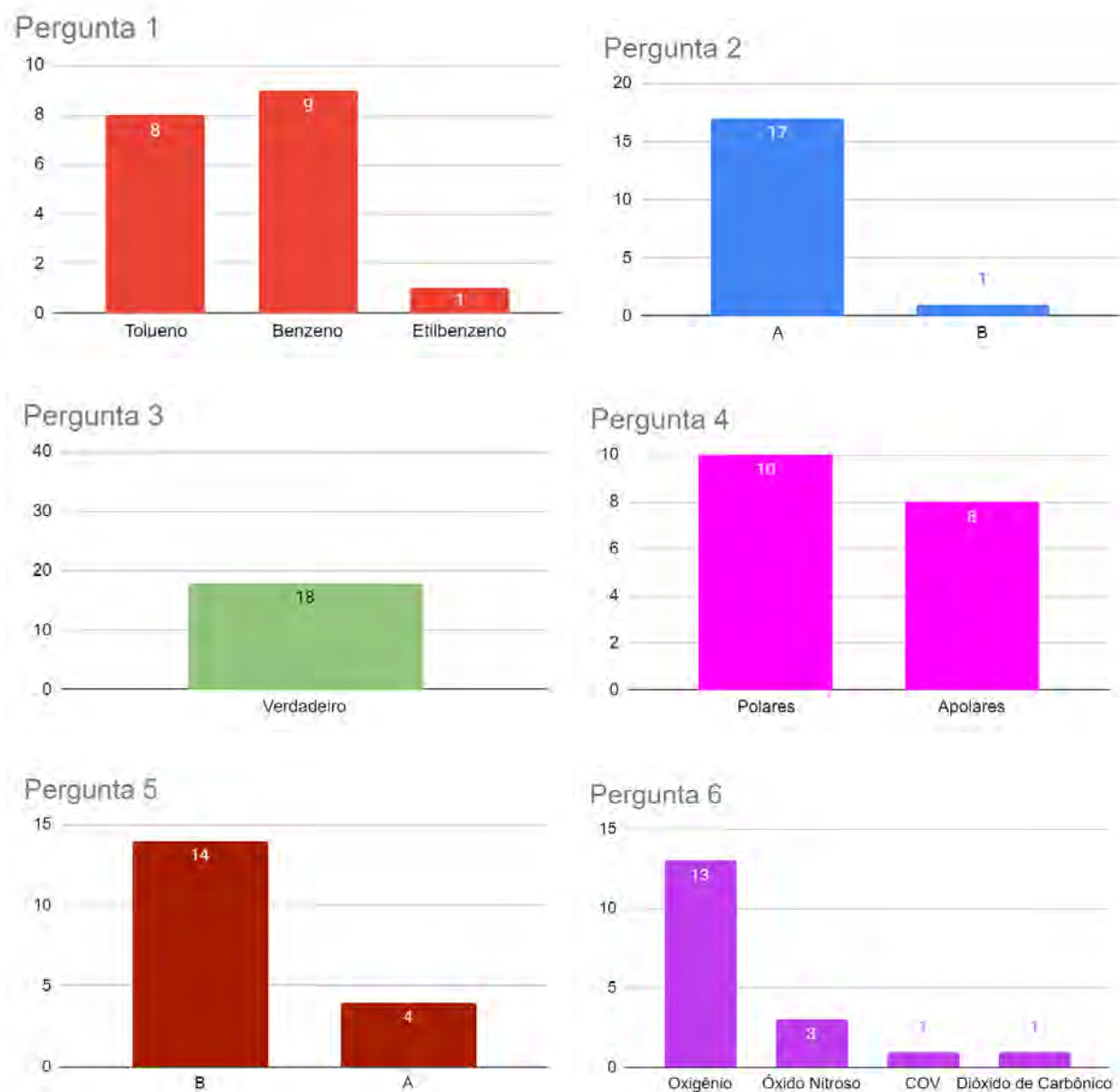
b) Aumentar o uso de veículos automotores.

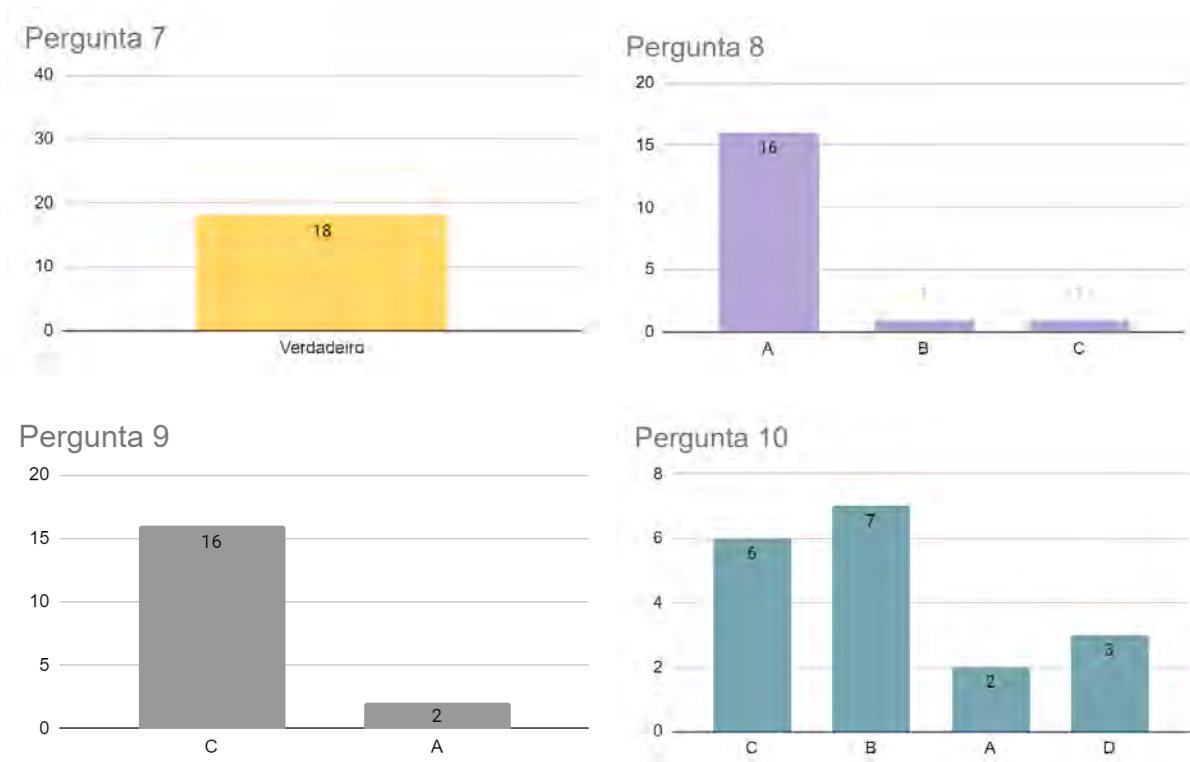
c) Aumentar o transporte coletivo.

d) Realizar queimadas na Amazônia.

A relação quantitativa dos resultados obtidos através do questionário final está apresentada na Figura 9.

Figura 9: Gráfico elaborado a partir das perguntas do questionário final.





Fonte: Autoria Própria, 2022.

As perguntas 1 e 4 foram voltadas para 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 conseguiram compreender através da oficina que a base molecular 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. A pergunta 4 demonstrou que apenas 8 alunos conseguiram assimilar que os COV aromáticos possuem caráter apolar, concordando que mesmo sem o conhecimento prévio sobre os compostos, os alunos conseguiram associar os conceitos trabalhados na oficina, com a problemática química apresentada. Entretanto, ressalta-se que é necessário observar que 10 alunos 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 responderam corretamente, relacionando esta intensificação com o aumento da temperatura terrestre. Essa visualização é importante visto que é notório o crescente entendimento acerca do efeito estufa quando se compara esta pergunta às

do questionário inicial. Além disso, a pergunta 8 corrobora com a pergunta 10 do questionário inicial, e apresenta resultados significativos sobre a diminuição do efeito estufa. A efeito comparativo, observa-se que há um crescimento exponencial (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 conhecimentos que perpassam sobre a temática abordada.

Analisando as perguntas 5 e 10 é possível observar qual foi o entendimento que os alunos adquiriram com a oficina realizada. Na pergunta 5, 14 alunos responderam corretamente à questão, reconhecendo que as concentrações de CO, NO_x, SO_x, COV e Pb são indicadores da qualidade do ar, e que o devido monitoramento local destes poluentes é crucial para manter os padrões de qualidade estabelecidos. A partir da pergunta 10 pode-se observar que os alunos reconhecem a problemática, mas não conseguem assimilar fatores que contribuem para diminuição de sua ocorrência, o que fez com que não concentrasse uma porcentagem significativa de acertos.

A pergunta 6 correlaciona-se às questões que envolvem o efeito estufa, e 13 alunos compreenderam que os gases apresentados corroboram para a intensificação deste fenômeno, exceto o gás oxigênio, estabelecendo uma conexão com as informações apresentadas na oficina.

Por fim, a pergunta 9 aborda conhecimentos sobre a troposfera, sendo esta a camada mais baixa da atmosfera, é a região em que vivemos e onde ocorrem os fenômenos químicos e climáticos. Os resultados obtidos nesta pergunta demonstram que 16 alunos conseguiram compreender que é nesta camada da atmosfera que ocorrem a maior parte dos fenômenos relacionados à poluição do ar.

Assim, com os resultados dos questionários inicial e final, é possível observar que a correlação de conceitos químicos à fenômenos cotidianos corrobora diretamente no processo de ensino-aprendizado. A metodologia de aplicação dos questionários utilizando a TIC (neste caso, a plataforma *Plickers*) demonstrou-se adequada para a geração dos dados obtidos, além de aguçar o interesse dos alunos na atividade proposta.

É importante ressaltar, que a atividade lúdica retratada por meio de um jogo de tabuleiro (Apêndice V), promoveu a interação entre os alunos, além de ter auxiliado na fixação dos conhecimentos que foram discutidos na oficina.

8. CONCLUSÃO

A poluição atmosférica é um tema recorrente, e que tem despertado a atenção de muitos pesquisadores. Assim é cada vez mais necessário o monitoramento dos poluentes que podem estar presentes na atmosfera.

As concentrações dos COV obtidas neste estudo concordam com os estudos de dispersão de poluentes de acordo com as características de relevo, condições climáticas e com as fontes de emissões em centros urbanos. Dessa forma, as concentrações de benzeno, tolueno, etilbenzeno e dos isômeros de xileno por exemplo, concordam com esta afirmativa, visto que estes são compostos podem ser emitidos por meio da combustão de combustíveis fósseis, e o local de amostragem é localizado às margens da BR 356, com intenso fluxo de veículos automotores. A análise aprofundada das condições atmosféricas da cidade de Itaperuna demanda que mais pontos de amostragem sejam realizados, promovendo assim o mapeamento da cidade para uma leitura mais abrangente.

Estes resultados podem ser trabalhados de maneira interdisciplinar no ensino de Geografia, por exemplo, visto que as concentrações dos COV obtidas são influenciadas diretamente pelas condições do local de amostragem. Neste caso, é possível trabalhar as questões de relevo e condições climáticas com estudos locais, trabalhando fenômenos cotidianos, com resultados reais e que aproximam o aluno da temática trabalhada.

As razões entre as concentrações dos COV estudados possibilitaram avaliar a composição atmosférica da cidade de Itaperuna. Com isso, foi possível observar que o município possui indícios da influência de reações fotoquímicas, e este fator pode estar atrelado à formação do relevo da cidade, que possui ondulações marcantes e vales em constante aprofundamento. Assim, o relevo da cidade dificulta a circulação dos ventos, o que promove uma menor dispersão desses poluentes no ar. Para que a hipótese da formação de reações fotoquímicas se confirme, é necessário correlacionar estes dados a estudos de ozônio na atmosfera de Itaperuna.

A partir dos questionários aplicados na oficina de química atmosférica, foi possível avaliar que houve um bom aproveitamento dos conhecimentos trabalhados. O questionário inicial apresentou de maneira direta os conhecimentos prévios que os alunos obtinham sobre o assunto trabalhado, e com isso observou-se que mesmo a temática sendo atual e cotidiana, muitas pessoas não possuem ciência das

consequências da poluição atmosférica. Este fator pode ser observado por meio da pergunta 5, por exemplo, onde 15 dos 18 alunos não conseguiram associar a poluição atmosférica à morte de indivíduos. No entanto, as perguntas 3 e 7 do questionário final demonstram um aproveitamento de 100 % das questões discutidas, onde os alunos conseguiram relacionar corretamente as informações discutidas. Além disso, realizando uma análise comparativa, observa-se que, por meio da pergunta 10 do questionário inicial e 8 do questionário final por exemplo, houve um crescimento exponencial quanto ao número de acertos (de 0 para 16), demonstrando que os alunos conseguiram assimilar os conteúdos que foram trabalhados na oficina.

Neste sentido, é importante destacar que a plataforma *Plickers* utilizada como recurso tecnológico, serviu de auxílio para geração de dados, e para introduzir ferramentas tecnológicas no processo de ensino-aprendizado.

Dessa forma, este trabalho contribui para o monitoramento pioneiro dos COV na cidade de Itaperuna, e a partir dos dados analisados, é possível promover a conscientização da população e dos gestores do município por meio da divulgação e reconhecimento destes resultados na comunidade científica. No entanto, ressalta-se que os resultados apresentados são correspondentes ao ponto crítico de Itaperuna, onde há maior circulação de veículos automotores, avaliando os impactos diretos que a população pode sofrer. Portanto, há a necessidade do monitoramento dos COV em mais pontos de coleta, para que seja possível realizar o mapeamento da cidade e avaliar a influência das emissões destes compostos de maneira mais abrangente.

REFERÊNCIAS

ALVES, C. A.; ACIOLE, S. D. G. Formaldeído em escolas: uma revisão. **Química Nova**, v. 35, p. 2025-2039, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/TsKGSK5BJXXt8nkRmJRX9Zw/?lang=pt>. Acesso em: 20 ago. 2022.

ANDRIETTA, L. C. G.; TOMAZ, E.; TRESMOND, A. C. C. L.; CREMASCO, M. A. Experimental determination of benzene uptake rate in Tenax TA diffusive samplers. **Química Nova**, v. 33, p. 1034-1038, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/HtXWqWHD4Gq4HTkbCzxVKjy/?lang=en&format=html>. Acesso em: 05 ago. 2022.

ATKINSON, R. Atmospheric chemistry of VOCs and NOx. **Atmospheric environment**, v. 34, n. 12-14, p. 2063-2101, 2000. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(99\)00460-4](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(99)00460-4). Acesso em: 21 ago. 2022.

BAIRD, C. **Environmental Chemistry**. New York, EUA: Ed. W. H. Freeman and CO, 1995.

BRASIL. Conselho Nacional de Educação; Câmara de Educação Básica. Parecer nº 5, de 4 de maio de 2011. Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Diário Oficial da União, Brasília, 24 de janeiro de 2012, Seção 1, p. 10. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=8016-pceb005-11&Itemid=30192. Acesso em: 21 ago. 2022.

BRASIL. Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Casa Civil - Subchefia para Assuntos Jurídicos. Artigo 35A da Lei nº 9.394 de 20 de dezembro de 1996, Incluído pela Lei nº 13.415, de 2017. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm. Acesso em: 21 ago. 2022.

BRASIL. Escola Nacional Da Inspeção do Trabalho (ENIT). Disponível em: https://enit.trabalho.gov.br/portal/images/Arquivos_SST/SST_NR/NR-15-atualizada-2019.pdf. Acesso em: 10 ago. 2022.

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>. Acesso em: 21 ago. 2022.

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular (BNCC): O Ensino Médio no Contexto da Educação Básica. 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/abase/#medio>. Acesso em: 21 ago. 2022.

BRASIL. Ministério do Trabalho e do Emprego (MTE). Norma Regulamentadora 15 - Atividades e Operações Insalubres. 2018. Disponível em: http://www.ccb.usp.br/arquivos/arqpeessoal/1360237303_nr15atualizada2011ii.pdf. Acesso em: 10 ago. 2022.

BRASIL. Ministério do Trabalho e do Emprego (MTE). Norma Regulamentadora 15 - Atividades e Operações Insalubres (Benzeno). 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-15-anexo-13a-atualizado-2022-1.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2022.

BRETÓN, J. G. C.; BRETÓN, R. M. C.; UCAN, F. V.; BAEZA, C. B.; FUENTES, M. L. E.; LARA, E. R.; MARRÓN, M. R.; PACHECO, J. A. M.; GUZMÁN, A. R.; CHI, M. P. U. Characterization and sources of Aromatic Hydrocarbons (BTEX) in the atmosphere of two urban sites located in Yucatan Peninsula in Mexico. **Atmosphere**, v. 8, n. 6, p. 107, 2017. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4433/8/6/107>. Acesso em: 20 nov. 2022.

CAMEL, V.; CAUDE, M. Trace enrichment methods for the determination of organic pollutants in ambient air. **Journal of Chromatography A**, v. 710, n. 1, p. 3-19, 1995.

Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0021-9673\(95\)00080-7](https://doi.org/10.1016/0021-9673(95)00080-7). Acesso em: 05 ago. 2022.

COCHEO, C.; BOARETTO, C.; PAGANI, D.; QUAGLIO, F.; SACCO, P.; ZARATIN, L.; COTTICA, D. Field evaluation of thermal and chemical desorption BTEX radial diffusive sampler radiello® compared with active (pumped) samplers for ambient air measurements. **Journal of Environmental Monitoring**, v. 11, n. 2, p. 297-306, 2009.

Disponível em: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2009/em/b814629b/unauth>. Acesso em: 10 ago. 2022.

COLLINS, C. H.; BRAGA, G. L.; BONATO, P. S. Fundamentos de Cromatografia, editora Unicamp. **Campinas, São Paulo**, 290p, 2006.

Companhia Ambiental do Estado de São Paulo — CETESB. 2020. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/publicacoes-relatorios/>. Acesso em: 21 ago. 2022.

CORREA, S. M.; ARBILLA, G.; MARQUES, M. R. C.; OLIVEIRA, K. P. M. G. The impact of BTEX emissions from gas stations into the atmosphere. **Atmospheric pollution research**, v. 3, n. 2, p. 163-169, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.5094/APR.2012.016>. Acesso em: 10 ago. 2022.

CRUZ, L. P. S.; CAMPOS, V. P. Métodos de amostragem e análise para compostos reduzidos de enxofre atmosférico. **Química Nova**, v. 31, p. 1180-1189, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/w5tzRJdDSkM4PXLtwQLmCgw/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 05 ago. 2022.

DA SILVA, I. C. T.; SIQUEIRA, V. F.; GOI, M. E. J.. Relatos de Estágio Supervisionado no Ensino de Química. **Revista Debates em Ensino de Química**, v. 5, n. 2, p. 39-54, 2019. Disponível em: <http://journals.ufrpe.br/index.php/REDEQUIM/article/view/2417/482483264>. Acesso em: 19 ago. 2022.

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. Disponível em: <https://rvq-sub.sbg.org.br/index.php/rvq/article/view/1383/740>. Acesso em: 20 ago. 2022.

DE 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**, 2023, no prelo, p. 1-14. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.21577/1984-6835.20220111>. Acesso em: 20 nov. 2022.

DIETZE, M; DIETRICH, P. A field comparison of BTEX mass flow rates based on integral pumping tests and point scale measurements. **Journal of Contaminant Hydrology**, v. 122, n. 1-4, p. 1-15, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jconhyd.2010.10.001>. Acesso em: 10 ago. 2022.

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. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/17378/15440>. Acesso em: 19 ago. 2022.

DIODIU, R.; BUCUR, E.; GALAON, T.; PASCU, L. F. Indoor air exposure to aldehydes and ketones in rooms with new and old furniture of a new office building. **Journal of Environmental Protection and Ecology**, v. 16, n. 3, p. 832-838, 2015. Disponível em: <http://dSPACE.incdcoind.ro/bitstream/123456789/657/1/INDOOR%20AIR%20EXPOSURE%20TO%20ALDEHYDES%20AND%20KETONES%20%20JEPE%203%202015.pdf>. Acesso em: 19 ago. 2022.

DIODIU, R.; GALAON, T.; BUCUR, E.; STEFAN, D. S.; PASCU, L. F. Aldehydes, acetone, formic and acetic acids in indoor air of an office building. **Revista de Chimie**, v. 67, p. 2396, 2016. Disponível em:

<http://www.dspace.incdecoind.ro/bitstream/123456789/1081/1/DIDOIU%20R%2012%2016.pdf>. Acesso em: 02 set. 2022.

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, 2019. Disponível em: <https://eademfoco.cecierj.edu.br/index.php/Revista/article/view/809/502>. Acesso em: 19 ago. 2022.

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. Disponível em: <https://educacaopublica.cederj.edu.br/artigos/18/14/ldquo-uno-da-quimica-rdquo-conhecendo-os-elementos-quimicos-por-meio-de-um-jogo-de-cartas>.

DITZZ, A. J. M.; GOMES, G. R. R. A utilização do aplicativo plickers no apoio à avaliação formativa. **Revista Tecnologias na Educação, Ano**, v. 9, p. 1-13, 2017. Disponível em: <http://tecedu.pro.br/wp-content/uploads/2017/07/Art19-vol19-julho2017.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2022.

DOS SANTOS, D. A. L.; DA CUNHA, E. K. L.; DA SILVA, M. J. V.; PASCHOAL, N. da S.; DE ARAÚJO, A. F. Aprendizagem Baseada em Problemas: Uma Proposta Investigativa e Experimental para a Compreensão do Conceito de Oxirredução. In: Congresso Nacional de Educação, n. 5, p. 01-06, 2018, Recife. Trabalho completo. **Anais...** Campina Grande: Realize Editora, 2018. Disponível em: https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/conedu/2018/TRABALHO_EV117_MD4_SA16_ID11078_16092018134150.pdf. Acesso em: 18 ago. 2022.

FAGNANI, E.; MELIOS, C. B.; PEZZA, L.; PEZZA, H. R Chromotropic acid/formaldehyde reaction in strongly acidic media. The role of dissolved oxygen and replacement of concentrated sulphuric acid. **Talanta**, v. 60, p. 171-176, 2003. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0039-9140\(03\)00121-8](https://doi.org/10.1016/S0039-9140(03)00121-8). Acesso em: 02 set. 2022.

FELLIPETTO, I. de F.; MALDANER, O. A.; DE ARAÚJO, M. C. P. Estado do conhecimento sobre sustentabilidade, educação ambiental e agrícola no ensino de Química no Ensino Médio. **Revista Insignare Scientia - RIS**, v. 4, n. 6, p. 127-144, 2021. Disponível em:

<https://periodicos.uffs.edu.br/index.php/RIS/article/view/11801/8167>. Acesso em: 21 ago. 2022.

FERREIRA, M.; DEL PINO, J. C. Estratégias para o ensino de química orgânica no nível médio: uma proposta curricular/Strategies for the Teaching of Organic Chemistry in Higher Secondary Education: A curriculum proposal. **Acta Scientiae**, v. 11, n. 1, p. 101-118, 2009. Disponível em:

<http://posgrad.ulbra.br/periodicos/index.php/acta/article/view/58/52>. Acesso em: 20 ago. 2022.

FIGUEIREDO, A. P. de S.; CABRAL, R. R.; PINHEIRO, J. 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, 2021. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2021D/formaldeido.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2022.

GIGANTE, A. C.; GOTARDO, M. A.; TOGNOLLI, J. O.; PEZZA, L.; PEZZA, H. R. Spectrophotometric determination of formaldehyde with chromotropic acid in phosphoric acid medium assisted by microwave oven. **Microchemical Journal**, v. 77, n. 1, p. 47-51, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.microc.2003.12.002>. Acesso em: 01 set. 2022.

GIODA, A.; AQUINO NETO, F. R. de. Poluição química relacionada ao ar de interiores no Brasil. **Química Nova**, v. 26, p. 359-365, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/64jCCpwcPfHsCJkNTp4Nsfm/?lang=pt>. Acesso em: 08 ago. 2022.

GODISH, T. **Air Quality**. Boca Raton, 4, 1-480, 2004.

HARRISON, R. M. (Ed.). **Handbook of air pollution analysis**. Springer Science & Business Media, 2012. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=KGQyBwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT9&dq=HARRISON,+R.+M.%3B+PERRY,+R.+Handbook+of+air+pollution+analysis.+Chapman+and+Hall+Ltd,+2,+1986.&ots=lcphgsNEw9&sig=tlWe-GL1d27eXjpEJulIV1cUMB4#v=onepage&q&f=false>. Acesso em: 05 ago. 2022.

HELMIG, D. Air analysis by gas chromatography. **Journal of chromatography A**, v. 843, n. 1-2, p. 129-146, 1999. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0021-9673\(99\)00173-9](https://doi.org/10.1016/S0021-9673(99)00173-9). Acesso em: 10 ago. 2022.

HEQUET, V.; RAILLARD, C.; DEBONO, O.; THÉVENET, F.; LOCOGE, N.; LE COQ, L. Photocatalytic oxidation of VOCs at ppb level using a closed-loop reactor: the mixture effect. **Applied Catalysis B: Environmental**, v. 226, p. 473-486, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2017.12.041>. Acesso em: 21 ago. 2022.

HORMATI, M.; MOHAMMADI, M. J.; ISWANTO, A. H.; MANSOURIMOGHADAM, S.; TAIFI, A.; MALEKI, H.; MUSTAFA, Y. F.; DEHAGHI, B. F.; AFRA, A.; TAHERIAN, M.; KIANI, F. Consequences and health effects of toxic air pollutants emission by industries. **Journal of Air Pollution and Health**, v. 7, n. 1, p. 95-108, 2022. Disponível em: <https://japh.tums.ac.ir/index.php/japh/article/view/338>. Acesso em: 10 dez. 2022.

HOSHI, J.-Y.; AMANO, S.; SASAKI, Y.; KORENAGA, T. Investigation and estimation of emission sources of 54 volatile organic compounds in ambient air in Tokyo. **Atmospheric Environment**, v. 42, n. 10, p. 2383-2393, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2007.12.024>. Acesso em: 21 ago. 2022.

HUYBRECHTS, T.; DEWULF, J.; MOERMAN, O.; LANGENHOVE, H. V. Evaluation of purge-and-trap–high-resolution gas chromatography–mass spectrometry for the determination of 27 volatile organic compounds in marine water at the ng l⁻¹ concentration level. **Journal of Chromatography A**, v. 893, n. 2, p. 367-382, 2000. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0021-9673\(00\)00771-8](https://doi.org/10.1016/S0021-9673(00)00771-8). Acesso em: 01 set. 2022.

JUN-LIN, A. YUE-SI, W.; FANG-KUN, W.; BIN, Z. Characterizations of volatile organic compounds during high ozone episodes in Beijing, China. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 184, n. 4, p. 1879-1889, 2012. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10661-011-2086-7>. Acesso em: 10 out. 2022.

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. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1352231020308918?casa_token=t_z2xPNPZo8AAAAA:pW-oYppg0pVMSAIAv4EKNSRbycFK1s9XOjs1Bx_mkAXwWVr9g-fQHcvEJm55KUfN9--Sc3jP2Q. Acesso em: 15 nov. 2022.

KEYMEULEN, R.; MIKLÓS, G.; HÉBERGER, K.; PRKSANE, A.; LANGENHOVE, H. V. Benzene, toluene, ethyl benzene and xylenes in ambient air and *Pinus sylvestris* L. needles: a comparative study between Belgium, Hungary and Latvia. **Atmospheric Environment**, v. 35, n. 36, p. 6327-6335, 2001. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(01\)00424-1](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(01)00424-1). Acesso em: 01 set. 2022.

KRÓL, S.; ZABIEGAŁA, B.; NAMIEŚNIK, J. Monitoring VOCs in atmospheric air II. Sample collection and preparation. **TrAC - Trends in Analytical Chemistry**, v. 29, n. 9, p. 1101-1112, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.trac.2010.05.010>. Acesso em: 05 ago. 2022.

LE CLOIREC, P.; FANLO, J. L.; DEGORCE-DUMAS, J. R. Odeurs et désodorisation industrielles. **Alès: Ecole des Mines D'Áles**, 266, 1991.

LEÃO, J. A. As Ferramentas de Interação do Ambiente Virtual de Aprendizagem: Instrumentos que Viabilizam as Inter-Relações entre Professores e Alunos. **Revista Gestão Universitária**, v. 16, n. 3, 2015. Disponível em: <http://ges-taouniversitaria.com.br/artigos/as-ferramentas-de-interacao-do-ambiente-virtual-de-aprendizagem-instrumentos-que-viabilizam-as-inter-relacoes-entre-professores-e-alunos>. Acesso em: 18 ago. 2022.

LEITE, B. S. **Tecnologias no ensino de Química: teoria e prática no ensino de Química**. Curitiba, PR: Appris., ed. 1, 2015.

LI, Y.; YAN, Y.; HU, D.; LI, Z.; HAO, A.; LI, R.; WANG, C.; XU, Y.; CAO, J.; LIU, Z.; PENG, L. 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. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2020.117369>. Acesso em: 22 ago. 2022.

LIN, C.-W. Hazardous air pollutant source emissions for a chemical fiber manufacturing facility in Taiwan. **Water, Air, and Soil Pollution**, v. 128, n. 3, p. 321-337, 2001. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1010396906332>. Acesso em: 10 ago. 2022.

LIU, Y.; SHAO, M.; FU, L.; ZENG, L.; TANG, D. Source profiles of volatile organic compounds (VOCs) measured in China: Part I. **Atmospheric Environment**, v. 42, n. 25, p. 6247-6260, 2008. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1352231008000721?casa_token=YmL65cOR9G4AAAAA:64AcdWh_pQ6M76nvvrtISp20pyxfc7vjdm-KWmNK_qljMDoz3E0E3Mu6e8VaZJst3pv5iT_IGQ. Acesso em: 12 nov. 2022.

LORA, E. S. **Prevenção e controle da poluição nos setores energético, industrial e de transporte**. ANEEL, ed. 2, p. 229-2292, 2000.

MARQUES, F. C.; DO NASCIMENTO, B. C.; DE SOUZA, T. da S. Distorções entre a BNCC e o ENEM: uma visão focada em ciências da natureza utilizando a taxonomia de bloom revisada. **Revista Eletrônica Científica Ensino Interdisciplinar**, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ifes.edu.br/bitstream/handle/123456789/869/ARTIGO%20BRUNO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 22 ago. 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. **Encontro de Iniciação à docência da UEPB**, v. 5, 2014. Disponível em: https://editorarealize.com.br/editora/anais/enid/2015/TRABALHO_EV043_MD1_SA12_ID1421_11072015131557.pdf. Acesso em: 19 ago. 2022.

MENESES, C. C. P.; MIGUEL, J. R. O ambiente Pedagógico e a inserção das Novas Tecnologias Educacionais no Ensino da Química. **Revista de psicologia**, v. 14, n. 50, p. 606-619, 2020. Disponível em: <https://idonline.emnuvens.com.br/id/article/view/2469>. Acesso em: 22 ago. 2022.

MOKALLED, T.; GÉRARD, J. A.; ABBOUD, M.; LIAUD, C.; NASSREDDINE, R.; LE CALVÉ, S. An assessment of indoor air quality in the maintenance room at Beirut-Rafic Hariri International Airport. **Atmospheric Pollution Research**, v. 10, n. 3, p. 701-711, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apr.2018.11.008>. Acesso em: 01 set. 2022.

MORTIMER, E. F. O significado das fórmulas químicas. **Química nova na escola**, v. 3, p. 19-21, 1996.

NAMIEŚNIK, J. Preconcentration of gaseous organic pollutants in the atmosphere. **Talanta**, v. 35, n. 7, p. 567-587, 1988. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0039-9140\(88\)80132-2](https://doi.org/10.1016/0039-9140(88)80132-2). Acesso em: 05 ago. 2022.

NIOSH. National Institute for Occupational Safety and Health. Pocket guide to chemical hazards. US Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centre for Disease Control and Prevention. 2018. Disponível em: <https://www.cdc.gov/niosh/npg/npgsyn-t.html>. Acesso em: 10 dez. 2022.

NUNES, C. R.; SÁNCHEZ, B.; GATTS, C. E.; DE ALMEIDA, C. M.; CANELA, M. C. Evaluation of volatile organic compounds coupled to seasonality effects in indoor air from a commercial office in Madrid (Spain) applying chemometric techniques. **Science**

of the Total Environment, v. 650, p. 868-877, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.095>. Acesso em: 01 set. 2022.

OLIVEIRA, F. S.; SOUSA, E. T.; DE ANDRADE, J. B. A sensitive flow analysis system for the fluorimetric determination of low levels of formaldehyde in alcoholic beverages. **Talanta**, v. 73, p. 561-566, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2007.04.027>. Acesso em: 02 set. 2022.

OSHA. Occupational Safety and Health Administration. US Department of Labor, Toxic and Hazardous Substances. 2019. Disponível em: <https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910.1450>. Acesso em: 10 dez. 2022.

PAULA, M. R.; SOARES, G. A. A utilização de algumas ferramentas das metodologias ativas de aprendizagem para as aulas de cálculo diferencial. **Educação Matemática na Contemporaneidade: desafios e possibilidades São Paulo – SP**, v. 13, 2016. Disponível em: http://www.sbem.com.br/enem2016/anais/pdf/8266_3921_ID.pdf. Acesso em: 10 dez. 2022.

PENTEADO, J. C. P.; MAGALHÃES, D.; MASINI, J. C. Experimento didático sobre cromatografia gasosa: uma abordagem analítica e ambiental. **Química Nova**, 31, 8, 2190-2193, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/q8YLSmjKpcvVhrgDDbCZKrB/?lang=pt>. Acesso em: 10 ago. 2022.

PICELI, P. C.; LISBOA, H. de M. Quantification of benzene, toluene, ethylbenzene and xylenes in the air of indoor environments. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 23, p. 527-534, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522018119310>. Acesso em: 21 ago. 2022.

RAMOS, M. G.; MORAES, R. A avaliação em Química: contribuição aos processos de mediação da aprendizagem e de melhoria do ensino. **MALDANER, OA; SANTOS, WLP Ensino de química em foco**, v. 4, p. 313-330, 2010.

REIS, A. A.; DE AZEVEDO, E. C. A.; FREGUGLIA, J.; RIBEIRO, L. dos S. S. BNCC e as práticas epistêmicas e científicas nos anos finais do ensino fundamental. **Revista Insignare Scientia-RIS**, v. 4, n. 3, p. 487-503, 2021. Disponível em: <https://periodicos.uffs.edu.br/index.php/RIS/article/view/12143/7830>. Acesso em: 19 ago. 2022.

REIS, J. D. **Qualidade do ar e saúde**. In: III Congresso Interamericano de Qualidade do Ar da AIDIS. Palestra - CD Rom. Canoas - RS, 2003.

ROCHARD, G.; OLIVET, L.; TANNOUS, M.; POUPIN, C.; SIFFERT, S.; COUSIN, R. Recent advances in the catalytic treatment of volatile organic compounds: A review based on the mixture effect. **Catalysts**, v. 11, n. 10, p. 1218, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/catal11101218>. Acesso em: 21 ago. 2022.

ROQUE, N. F.; SILVA, J. L. P. B. A linguagem química e o ensino da química orgânica. **Química nova**, v. 31, p. 921-923, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422008000400034>. Acesso em: 22 ago. 2022.

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. Disponível em: <http://seer.uenp.edu.br/index.php/reppe/article/view/2415>. Acesso em: 21 ago. 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, p. 106780, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.106780>. Acesso em: 21 ago. 2022.

SANTOS, F. J.; GALCERAN, M. T. The application of gas chromatography to environmental analysis. **TrAC Trends in Analytical Chemistry**, v. 21, n. 9-10, p. 672-685, 2002. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0165-9936\(02\)00813-0](https://doi.org/10.1016/S0165-9936(02)00813-0). Acesso em: 11 ago. 2022.

SANTOS, M. S. B.; MOREIRA, J. A. da S. Políticas curriculares na BNCC e o ensino das ciências da natureza e suas tecnologias no ensino médio. **Horizontes-Revista de Educação**, v. 8, n. 15, p. 61-80, 2020. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/horizontes/article/view/10343/5828>. Acesso em: 19 ago. 2022.

SCHAEFER, A. **Fundamentos de ecologia e biogeografia das águas continentais**. Porto Alegre: Ed. da Universidade, UFRGS, 1985.

SILVA, D. D.; INNOCENTINI, A.; CHIERICE, G.; GALHIANE, M.; SANTOS, L. Avaliação da seletividade de uma nova coluna capilar em cromatografia gasosa–teste de Grob e índice de retenção. **Revista Analytica**, n. 17, p. 40-47, 2005. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Gilberto-Chierice/publication/237680326_AVALIACAO_DA_SELETIVIDADE_DE_UMA_NOVA_COLUNA_CAPILAR_EM_CROMATOGRAFIA_GASOSA_-_TESTE_DE_GROB_E_INDICE_DE_RETENCAO/links/53cfe3b30cf2fd75bc5a030a/AVALIACAO-DA-SELETIVIDADE-DE-UMA-NOVA-COLUNA-CAPILAR-E-M-CROMATOGRAFIA-GASOSA-TESTE-DE-GROB-E-INDICE-DE-RETENCAO.pdf.

Acesso em: 01 set. 2022.

SILVA, F. C.; SILVA, E. P. C.; DUARTE, D. M.; DIAS, F. de S. 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. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1516-731320210061>. Acesso em: 10 dez. 2022.

SILVA, T. F. da S.; LIMA, M. E. de O. Mídia-educação: TIC na escola para contribuir com educação ambiental. 2020. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/53231/1/2020_art_tfsilva.pdf. Acesso em: 20 ago. 2022.

SKOOG, D. A.; WEST, D. M.; HOLLER, F. J.; CROUCH, S. R. Fundamentos de química analítica, Ed. **Cengage, São Paulo SP**, 2008.

SOARES, L. M. Va. Como obter resultados confiáveis em cromatografia. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 60, n. 1, p. 79-84, 2001. Disponível em: <https://periodicos.saude.sp.gov.br/index.php/RIAL/article/download/35174/33644>.

Acesso em: 01 set. 2022.

SOUSA, R. S.; COLARES, C. J. G.; BOTELHO, G. Química no Cotidiano: Aproximando Escola e Universidade. **Capim Dourado: Diálogos em Extensão**, v. 4, n. 2, p. 41-51, 2021. Disponível em:

<https://sistemas.uft.edu.br/periodicos/index.php/capimdourado/article/view/13659/19865>

. Acesso em: 20 ago. 2022.

SOUZA, M. de O.; SÁNCHEZ, B.; FUENTES, M.; GILARANZ, J.; CANELA, M. C. (2020). Analytical validation using a gas mixing system for the determination of gaseous formaldehyde. **Analytical Methods**, v. 12, n. 43, p. 5247-5256, 2020. Disponível em:

<https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2020/ay/d0ay01363c/unauth>. Acesso em:

15 ago. 2022.

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. Disponível em: <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170741>. Acesso em: 19 ago. 2022.

STAHLE, L.; WOLD, S. Analysis of variance (ANOVA). **Chemometrics and intelligent laboratory systems**, v. 6, n. 4, p. 259-272, 1989. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0169743989800954>. Acesso em:

10 dez. 2022.

TASKIN, V.; BERNHOLT, S. Students' Understanding of Chemical Formulae: A review of empirical research. **International Journal of Science Education**, v. 36, n. 1, p. 157-185, 2014. Disponível em: <https://sci-hub.se/10.1080/09500693.2012.744492>.

Acesso em: 21 ago. 2022.

TAVARES, N. da S.; CARNEIRO, K. de A. A.; DOS SANTOS, M. B. H.; DA SILVA, R. F.; NASCIMENTO, R. J. de A.; JÚNIOR, A. I. D.; DA SILVA, T. P. 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. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/12774/11552>. Acesso em: 20 ago. 2022.

TERRY, A. C.; CARSLAW, N.; ASHMORE, M.; DIMITROULOPOULOU S.; CARSLAW, D. C. Occupant exposure to indoor air pollutants in modern European offices: An integrated modelling approach. **Atmospheric Environment**, v. 82, p. 9-16, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2013.09.042>. Acesso em: 20 ago. 2022.

United States Environmental Protection Agency (USEPA). Compendium of Methods for the Determination of Toxic Organic Compounds in Ambient Air. Compendium Method TO-17 - Determination of Volatile Organic Compounds in Ambient Air Using Active Sampling Onto Sorbent Tubes. EPA/625/R-96/010b, 53, 1999.

WALLACE, L. A. **Total exposure assessment methodology (TEAM) study: summary and analysis. Volume 1**. Environmental Protection Agency, Washington, DC (USA). Office of Acid Deposition, Environmental Monitoring, and Quality Assurance, 1987. Disponível em: <https://www.osti.gov/biblio/5936245>. Acesso em: 18 ago. 2022.

XAVIER, M. C.; TEIXEIRA, C.R.; SAVETI, B. P. Aplicação das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) na educação e os desafios do educador. **Dialogia**, v. 9, n. 1, p. 105-116, 2010. Disponível em: <https://periodicos.uninove.br/dialogia/article/view/2348/1935>. Acesso em: 18 ago. 2022.

ZANETONI, V. A. L.; LEÃO, M. F. Análise dos documentos normativos sobre Educação Ambiental na Educação Básica e a relação com o Ensino de Química e/ou Área de Ciências da Natureza. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 3, p.

e51111327044-e51111327044, 2022. Disponível em:
<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/27044/23491>. Acesso em: 19 ago. 2022.

APÊNDICES

Apêndice I: Interface das perguntas do Questionário Inicial na plataforma *Plickers*.

Qual sua relação com o **Ensino Médio**?



- A Estou cursando
 B Já estou formado(a)

Você sabe quais **gases poluentes** estão presentes no **ar que respiramos**?



- A Sim B Não



Você já ouviu falar sobre **Compostos Orgânicos Voláteis** e seus efeitos na fauna, flora e na saúde humana?

- A Sim
 B Não

Você considera um ambiente **pouco arborizado** como um ambiente **mais poluído**?



- A Sim B Não

Você acredita que a **poluição do ar** pode provocar a **morte de um indivíduo**?



- A Sim
 B Não

Assinale a opção que **MENOS** contribui para a poluição atmosférica?



- A Veículos automotores B Indústrias
 C Coleta seletiva do lixo D Desmatamento

Qual local a seguir poderia conter uma atmosfera **mais** poluída?

- A Praia
- B Rua pouco movimentada
- C Rodovia
- D Floresta



O efeito estufa pode ser definido como:

- 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 causado 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



As **florestas** emitem cotidianamente diversos **compostos naturais** na atmosfera.

- A Verdadeiro
- B Falso

Com base nos seus conhecimentos sobre o **aumento do efeito estufa**, aponte uma prática que **possibilite a diminuição** da sua ocorrência:

- A Emissão de combustíveis fósseis
- B Reflorestamento de regiões desmatadas
- C Investimento em pecuária extensiva
- D Queima de resíduos orgânicos do lixo

Gabarito: 6 c); 7 c); 8 a); 9 a); 10 b).

Apêndice II: Interface das perguntas do Questionário Final na plataforma *Plickers*.

As moléculas dos COV possuem como base molecular:

- A Tolueno
- B Benzeno
- C m-Xileno
- D Etilbenzeno



O efeito estufa tem como uma de suas consequências o/a:

- 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



Os Compostos Orgânicos Voláteis (COV) participam de maneira significativa nas reações que levam à formação de O_3 na baixa atmosfera.

- A Verdadeiro
B Falso

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.

- 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.



Os ambientes confinados (*indoor*) possuem maior acúmulo de poluentes, devido a má circulação do local.

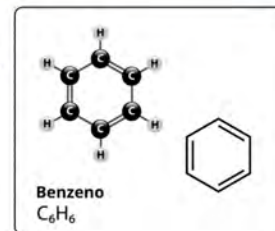
- A Verdadeiro
B Falso

Do ponto de vista ambiental, a **troposfera** é uma importante camada da atmosfera porque é nela que se encontra:



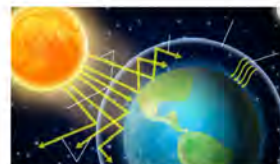
- A A camada de ozônio que protege a Terra.
B A aurora boreal.
C A maior parte dos fenômenos relacionados à poluição do ar.
D Os satélites em órbita, responsáveis pela monitoração do planeta.

Os Compostos Orgânicos Voláteis aromáticos são:



- A Polares
B Apolares

São considerados gases responsáveis pela intensificação do efeito estufa, **exceto**:



- A Dióxido de carbono (CO_2).
B Oxigênio (O_2).
C Compostos Orgânicos Voláteis (COV)
D Óxido nitroso (N_2O).

Entre outros processos, o reflorestamento contribui para a **diminuição do efeito estufa**, ao promover o(a):

- A Aumento da fixação do carbono durante a fotossíntese.
B Aumento da respiração durante o crescimento das plantas.
C Aumento da liberação de gás carbônico para a atmosfera.
D Utilização do metano atmosférico durante a fotossíntese.

Analise as alternativas a seguir e marque aquela que representa uma forma de **diminuir a poluição atmosférica**.



- 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.

Gabarito: 1 b); 2 a); 3 a); 4 b); 5 b); 6 b); 7 a); 8 a); 9 c); 10 c).

Apêndice III: Relação de alunos e respostas no questionário inicial.

Questionário Inicial										
Aluno	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Estou cursando	Não	Não	Não	Não	Indústrias	Rua pouco movimentada	A	Verdadeiro	Emissão de combustíveis fósseis
2	Estou cursando	Não	Sim	Sim	Não	Indústrias	Rua pouco movimentada	B	Verdadeiro	Investimento em pecuária extensiva
3	Estou cursando	Não	Sim	Sim	Não	Indústrias	Rua pouco movimentada	A	Verdadeiro	Emissão de combustíveis fósseis
4	Estou cursando	Não	Não	Sim	Não	Veículos automotores	Rua pouco movimentada	A	Falso	Emissão de combustíveis fósseis
5	Estou cursando	Não	Não	Não	Não	Indústrias	Rua pouco movimentada	B	Falso	Emissão de combustíveis fósseis
6	Estou cursando	Não	Sim	Não	Não	Indústrias	Rua pouco movimentada	B	Verdadeiro	Emissão de combustíveis fósseis
7	Estou cursando	Não	Sim	Sim	Não	Veículos automotores	Rua pouco movimentada	C	Verdadeiro	Queima de resíduos orgânicos do lixo
8	Estou cursando	Não	Sim	Sim	Sim	Desmatamento	Rodovia	A	Falso	Queima de resíduos orgânicos do lixo
9	Estou cursando	Não	Sim	Não	Não	Indústrias	Rua pouco movimentada	A	Falso	Emissão de combustíveis fósseis
10	Estou cursando	Sim	Não	Não	Não	Indústrias	Rua pouco movimentada	A	Falso	Investimento em pecuária extensiva
11	Estou cursando	Sim	Sim	Sim	Não	Indústrias	Rua pouco movimentada	B	Falso	Emissão de combustíveis fósseis
12	Estou cursando	Sim	Não	Sim	Não	Veículos automotores	Rua pouco movimentada	A	Falso	Emissão de combustíveis fósseis

13	Estou cursando	Não	Não	Sim	Sim	Veículos automotores	Rua pouco movimentada	A	Falso	Emissão de combustíveis fósseis
14	Estou cursando	Não	Sim	Sim	Sim	Desmatamento	Rua pouco movimentada	B	Falso	Emissão de combustíveis fósseis
15	Estou cursando	Não	Não	Sim	Não	Indústrias	Florestas	B	Verdadeiro	Emissão de combustíveis fósseis
16	Já sou formado	Sim	Não	Sim	Não	Desmatamento	Rua pouco movimentada	A	Verdadeiro	Emissão de combustíveis fósseis
17	Estou cursando	Sim	Sim	Sim	Não	Indústrias	Rua pouco movimentada	A	Falso	Emissão de combustíveis fósseis
18	-	-	-	Sim	Não	Indústrias	Florestas	C	Verdadeiro	Emissão de combustíveis fósseis

Apêndice IV: Relação de alunos e respostas no questionário final.

Questionário Final										
Aluno	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Tolueno	A	Verdadeiro	Polares	B	Oxigênio	Verdadeiro	A	C	C
2	Tolueno	A	Verdadeiro	Polares	B	Óxido Nitroso	Verdadeiro	A	C	B
3	Tolueno	A	Verdadeiro	Apolares	B	Oxigênio	Verdadeiro	A	C	B
4	Benzeno	A	Verdadeiro	Polares	B	Oxigênio	Verdadeiro	A	C	C
5	Benzeno	A	Verdadeiro	Polares	B	Oxigênio	Verdadeiro	A	A	A
6	Tolueno	A	Verdadeiro	Polares	B	Oxigênio	Verdadeiro	A	C	D
7	Benzeno	A	Verdadeiro	Polares	B	Óxido Nitroso	Verdadeiro	A	C	D
8	Benzeno	A	Verdadeiro	Polares	B	COV	Verdadeiro	A	C	C
9	Tolueno	A	Verdadeiro	Polares	B	Oxigênio	Verdadeiro	A	C	B
10	Benzeno	A	Verdadeiro	Apolares	B	Oxigênio	Verdadeiro	B	C	B
11	Benzeno	B	Verdadeiro	Apolares	A	Oxigênio	Verdadeiro	C	A	B
12	Tolueno	A	Verdadeiro	Polares	A	Óxido Nitroso	Verdadeiro	A	C	B
13	Benzeno	A	Verdadeiro	Apolares	B	Oxigênio	Verdadeiro	A	C	A
14	Tolueno	A	Verdadeiro	Apolares	A	Dióxido de Carbônico	Verdadeiro	A	C	C
15	Benzeno	A	Verdadeiro	Apolares	A	Oxigênio	Verdadeiro	A	C	B
16	Etilbenzeno	A	Verdadeiro	Apolares	B	Oxigênio	Verdadeiro	A	C	D
17	Tolueno	A	Verdadeiro	Polares	B	Oxigênio	Verdadeiro	A	C	C

Apêndice V: Interface do jogo de tabuleiro proposto.



<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>
<p>CHARADA</p> <p>Sou o tipo de poluição que mais mata no mundo. Quem sou eu?</p> <p>Poluição Atmosférica</p>			

ANEXO

Anexo I: Slides utilizados para defesa do TCC.

POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA: Avaliação de Compostos Orgânicos Voláteis no Ar da cidade de Itaperuna - RJ e uma Proposta para o Ensino de Química

Ana Paula de Souza Figueiredo
Licenciatura em Química
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia
Fluminense Campus Itaperuna - RJ
Orientador: Dr^o. Murilo de Oliveira Souza

Efeitos da Poluição

São responsáveis por cerca de 60 a 90 % dos registros de casos de câncer.
(INCA, 1995 apud REIS, 2013)

Poluição Atmosférica

A poluição atmosférica é o tipo de poluição que mais causa incômodo à população.
(LI et al., 2020)

Problemas Ambientais

Poluição, efeito estufa, aquecimento global, desequilíbrio ambiental, desqualidade ambiental, entre outros.
(ROSSETTO et al., 2022)

Itaperuna - RJ

Construção de uma sociedade envolvida na preservação ambiental

Educação de qualidade

Educação Básica
Importante instrumento de construção do pensamento crítico.
(DE OLIVEIRA et al., 2016)

Química
Participa do nosso cotidiano. Deve integrar conexões interdisciplinares significativas.
(TAVARES et al., 2021)

Temática Ambiental
Auxilia no desenvolvimento de valores sociais, comportamentais e atitudinais que favorecem o ser crítico do aluno.
(DIONIZIO et al., 2022)

TICs

As Tecnologias de Informação e Comunicação são ferramentas que vêm sendo introduzidas de maneira eficaz no ensino, e aliada à Química, as TICs auxiliam no processo de ensino-aprendizagem proporcionando a distribuição e o compartilhamento de informações.
(DIONIZIO et al., 2018; DIONIZIO et al., 2019)

TICs

Contribuem substancialmente para diferentes tipos de resultados, além de fortalecer a democratização do acesso ao ensino e à tecnologia, o que permite que os alunos aproveitem as informações disponibilizadas.
(DIONIZIO et al., 2018; DIONIZIO et al., 2019)

Objetivo Geral

Avaliar a Poluição Atmosférica da cidade de Itaperuna - RJ, e aplicar uma abordagem interdisciplinar para o Ensino de Química no Ensino Médio.

Objetivos Específicos

1ª Etapa

01 Determinar os COV usando a cromatografia gasosa com espectrometria de massas e detecção térmica (ATD-GC-MS).

02 Avaliar a importância da efetivação de normas regulamentadoras, tal qual o monitoramento do ar atmosférico nas cidades.

2ª Etapa

03 Aplicar uma oficina no VI Congresso de Interdisciplinaridade do Nordeste Fluminense (VI CONINF - 2022) acerca da poluição atmosférica para alunos do Ensino Médio do IF Fluminense - Campus Itaperuna.

04 Aplicar um questionário inicial e final com os alunos, por meio da plataforma: Pickers, além de propor uma atividade lúdica.

Metodologia - 1ª Etapa

01 Amostragem Ativa

02 Cromatografia Gasosa com espectrometria de massas após desorção térmica

03 Cromatograma

Metodologia - 1ª Etapa Itaperuna - RJ

- 19/08/2020 - 05/05/2021
- Quarta-feira,
- 12 h às 13 h;
- Às margens da BR 356;
- 20 dias de amostragens.

Metodologia - 2ª Etapa

01 Questionário Inicial

02 Oficina

03 Atividade Lúdica

04 Questionário Final

Metodologia - 2ª Etapa

01 Questionário Inicial

02 Oficina

03 Atividade Lúdica

04 Questionário Final

Metodologia - 2ª Etapa

01 Questionário Inicial 02 Oficina 03 Atividade Lúdica

Metodologia - 2ª Etapa

Para os Questionários:

Metodologia - 2ª Etapa

Para os Questionários:

Metodologia - 2ª Etapa

Para os Questionários:

Resultados e Discussão

Avaliação dos Compostos Orgânicos Voláteis Aromáticos em Tapasuna - RJ
Avaliação dos Resultados da Oficina "Química Atmosférica: É brincando que se aprende!"

Características de Desempenho para o Procedimento Analítico Desenvolvido 1ª Etapa

Compostos	LD (ng)	LQ (ng)	Coefficiente de Determinação (r²)
Benzeno	4	13	0,937
Tolueno	4	13	0,937
Etilbenzeno	3	10	0,955
m,p-Xileno	3	10	0,927
o-Xileno	1	4	0,978
Propilbenzeno	1	4	0,964
4-Etiltolueno	8	28	0,856
1,2,3-Trimetilbenzeno	2	7	0,978
Butilbenzeno	3	10	0,901

Características de Desempenho para o Procedimento Analítico Desenvolvido 1ª Etapa

Compostos	F reg. (calculado)	F reg. (tabelado)	F falta de ajuste (calculado)	F falta de ajuste (tabelado)
Benzeno	50,78	5,09	0,76	6,6
Etilbenzeno	72,76	5,09	1,43	9,1
1,2,3-Trimetilbenzeno	264,50	4,75	0,27	4,2

F reg. calculado = F reg. tabelado = indica boa regressão no modelo;
F falta de ajuste calculado < F falta de ajuste tabelado = indica ausência de falta de ajuste.



Razões das Concentrações de COV Aromáticos 1ª Etapa

Razões	Valor encontrado
Xileno/Benzeno (X/B)	1,3
Xileno/Etilbenzeno (X/E)	0,7
Tolueno/Benzeno (T/B)	1,5

- X/B < 1 aponta a ocorrência de uma atmosfera envelhecida;
- X/E > 3,8 apontam massas de ar envelhecidas;
- T/B < 2,0 indica a influência de fontes de emissões veiculares; T/B > 2,0 indica a influência de fontes industriais.

Avaliação dos Resultados da Oficina Questionário Inicial - 2ª Etapa

Qual sua relação com o Ensino Médio?

Avaliação dos Resultados da Oficina Questionário Inicial - 2ª Etapa

Você sabe quais gases poluentes estão presentes no ar que respiramos?

Você acredita que a poluição do ar pode provocar a morte de um indivíduo?

Avaliação dos Resultados da Oficina Questionário Inicial - 2ª Etapa

Você considera um ambiente pouco arborizado como um ambiente mais poluído?

Assinale a opção que MENOS contribui para a poluição atmosférica?

Avaliação dos Resultados da Oficina Questionário Inicial - 2ª Etapa

Com base nos seus conhecimentos sobre o assunto da oficina, indique uma prática que possibilite a diminuição da sua ocorrência:

Química Atmosférica: É brincando que se aprende! - 2ª Etapa

PERGUNTA 1: Qual a substância que atua como catalisador na formação do ozônio estratosférico?

PERGUNTA 2: Qual a reação química que ocorre durante a formação do ozônio estratosférico?

Avaliação dos Resultados da Oficina Questionário Final - 2ª Etapa

As moléculas dos COV possuem como base molecular:

Os Compostos Orgânicos Voláteis aromáticos são:

