

## O ensino de química ambiental: A experimentação como potencializadora da aprendizagem significativa sobre a temática poluição atmosférica

The teaching of environmental chemistry: Experimentation as a potentiator of meaningful learning on the subject of air pollution

Enseñanza de la química ambiental: La experimentación como facilitadora del aprendizaje significativo sobre el tema de la contaminación atmosférica

Recebido: 03/02/2024 | Revisado: 16/02/2024 | Aceitado: 17/02/2024 | Publicado: 21/02/2024

### **Cleidiane da Silva Oliveira**

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-5053-4903>  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Brasil  
E-mail: [cleidianeoliveira873@gmail.com](mailto:cleidianeoliveira873@gmail.com)

### **Maxwell Lima Maia**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6998-6013>  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Brasil  
E-mail: [maxwell.maia@ifce.edu.br](mailto:maxwell.maia@ifce.edu.br)

### **Sara Maria Peres de Moraes**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1800-6243>  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Brasil  
E-mail: [saraperes@ifce.edu.br](mailto:saraperes@ifce.edu.br)

### **Sebastian Diez**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9659-0356>  
Universidad del Desarrollo, Chile  
E-mail: [sebastian\\_diez@hotmail.com](mailto:sebastian_diez@hotmail.com)

### **Ítalo Lima dos Santos**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2091-7783>  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Brasil  
E-mail: [italo.santos@ifce.edu.br](mailto:italo.santos@ifce.edu.br)

### **Antônia Luana Fernandes Praxedes**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4014-3108>  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Brasil  
E-mail: [luana.praxedes.eng@gmail.com](mailto:luana.praxedes.eng@gmail.com)

### **Francisco Wagner de Sousa**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5588-2501>  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Brasil  
E-mail: [fr.wagner@ifce.edu.br](mailto:fr.wagner@ifce.edu.br)

### **Resumo**

Desafios contemporâneos são enfrentados na construção de uma sociedade preocupada e envolvida com a preservação do meio ambiente, de tal forma que esta temática quando abordada em aulas de Química Ambiental contribui para o desenvolvimento de valores, comportamentos e atitudes nos alunos. O presente artigo apresenta uma proposta de experimentação aplicada objetivando o favorecimento da aprendizagem significativa no ensino de Química Ambiental na temática de poluição atmosférica, utilizando Amostragem Passiva (AP) para o gás Dióxido de Nitrogênio (NO<sub>2(g)</sub>). A pesquisa foi realizada no IFCE/Caucaia- CE, no período de mar.- jun. de 2023, com turmas de 2º e 3º ano do ensino médio, na disciplina de Química Analítica. Os procedimentos metodológicos das atividades seguiram as seguintes etapas: desenvolvimento do amostrador passivo; levantamento do conhecimento prévio; apresentação da temática; descrição e execução da atividade experimental de NO<sub>2(g)</sub>; avaliação da percepção de aprendizagem e do recurso didático. Os resultados obtidos mostraram a construção de um kit de AP de PVC de baixo custo e reutilizável. Além disso, a análise de conhecimento prévio mostrou que os estudantes possuem algum conhecimento sobre o tema. A avaliação da percepção de aprendizagem e experimentação mostrou que a formação técnica e teórica dada aos estudantes motiva e facilita a aprendizagem significativa no tema. Neste contexto, a experimentação aplicada no intuito de favorecer a aprendizagem significativa no ensino de Química Ambiental é uma ótima alternativa e uma grande aliada para tornar o Ensino e a aprendizagem de estudantes do Ensino médio de escolas públicas/técnicas mais atraente, eficaz e significativa.

**Palavras-chave:** Ensino; Química ambiental; Poluição atmosférica; Experimentação; Aprendizagem significativa.

### Abstract

Contemporary challenges are faced in the construction of a society concerned and committed to the preservation of the environment, in such a way that this theme, when approached in Environmental Chemistry classes, contributes to the development of values, behaviors and attitudes in students. This article presents a proposal for applied experimentation aiming to promote meaningful learning in the teaching of Environmental Chemistry on the topic of atmospheric pollution, using Passive Sampling (AP) for Nitrogen Dioxide gas ( $\text{NO}_{2(g)}$ ). The survey was carried out at the IFCE/Caucaia-CE, in the period from March to June of 2023, with 2nd and 3rd year high school classes, in Analytical Chemistry. The methodological procedures of the activities followed the following steps: development of the passive sampler; survey of prior knowledge; presentation of the theme; description and execution of the experimental activity of  $\text{NO}_{2(g)}$ ; evaluation of the perception of learning and the didactic resource. The results obtained showed the construction of a low-cost and reusable PVC AP kit. In addition, the analysis of prior knowledge showed that students have some knowledge on the subject. The assessment of the perception of learning and experimentation showed that the technical and theoretical training given to students motivates and facilitates meaningful learning on the subject. In this context, applied experimentation in order to favor meaningful learning in the teaching of Environmental Chemistry is a great alternative and a great ally to make teaching and learning of high school students from public/technical schools more attractive, effective and meaningful.

**Keywords:** Teaching; Environmental chemistry; Atmospheric pollution; Experimentation; Meaningful learning.

### Resumen

Los desafíos contemporáneos se enfrentan en la construcción de una sociedad preocupada e involucrada con la preservación del medio ambiente, de modo que este tema cuando se aborda en las clases de Química Ambiental contribuye al desarrollo de valores, comportamientos y actitudes en los estudiantes. Este artículo presenta una propuesta de experimentación aplicada con el objetivo de promover el aprendizaje significativo en la enseñanza de la Química Ambiental en el tema de la contaminación atmosférica, utilizando Muestreo Pasivo (AP) para el gas Dióxido de Nitrógeno ( $\text{NO}_{2(g)}$ ). La investigación se realizó en el IFCE/Caucaia-CE, entre marzo y junio, 2023, con clases de 2do y 3er año de secundaria, en la disciplina de Química Analítica. Los procedimientos metodológicos de las actividades siguieron los siguientes pasos: desarrollo del muestreador pasivo; encuesta de conocimientos previos; presentación del tema; descripción y ejecución de la actividad experimental de  $\text{NO}_{2(g)}$ ; Evaluación de la percepción del aprendizaje y del recurso didáctico. Los resultados obtenidos mostraron la construcción de un kit AP de PVC reutilizable y de bajo costo. Además, el análisis de conocimientos previos mostró que los estudiantes tienen algún conocimiento sobre el tema. La evaluación de la percepción sobre el aprendizaje y la experimentación mostró que la formación técnica y teórica impartida a los estudiantes motiva y facilita el aprendizaje significativo sobre el tema. En este contexto, la experimentación aplicada con el objetivo de promover el aprendizaje significativo en la enseñanza de la Química Ambiental es una gran alternativa y un gran aliado para hacer más atractiva, efectiva y significativa la enseñanza y el aprendizaje de los estudiantes de secundaria de escuelas públicas/técnicas.

**Palabras clave:** Enseñanza; Química ambiental; Contaminación atmosférica; Experimentación; Aprendizaje significativo.

## 1. Introdução

Desafios contemporâneos são enfrentados na construção de uma sociedade preocupada e envolvida com a preservação do meio ambiente, incluindo a questão da Educação Ambiental. A abordagem desta temática em aulas de Química Ambiental no ensino médio contribui para o desenvolvimento de valores, comportamentos e atitudes nos alunos, favorecendo o senso crítico, ampliando a consciência de como suas ações impactam sua vida e a de toda a sociedade, hoje e no futuro (Oliveira et al., 2016).

A Constituição Federal do Brasil de 1988 ressaltou a relevância das questões ambientais, assegurando o direito de todos a um meio ambiente ecologicamente equilibrado. Isso foi regulamentado pela Lei nº 9.795/99, tornando o ensino da temática ambiental obrigatório dentro dos Parâmetros Curriculares Nacionais (1997) e das Diretrizes Curriculares Nacionais (2013) (Brasil, 1999, 1997, 2013; Oliveira & Neiman, 2020).

Entretanto, ao se analisar o ensino de química ambiental nas escolas, como conteúdo científico, notam-se grandes dificuldades por parte dos estudantes em entender e aplicar os conceitos ao seu cotidiano, em função das aulas permanecerem no formato expositivo, dentro da metodologia tradicional, fato este que pode transformar essa disciplina em algo distante, abstrato e totalmente desinteressante (Arini et al., 2021; Belo et al., 2019; Branco et al., 2018; Darroz et al., 2015; Rossetto et al., 2022).

O ensino de Química Ambiental é caracterizado pela interpretação da natureza não observável, como por exemplo, os fenômenos de poluição atmosférica e suas consequências, e tentar correlacionar com propriedades, conceitos e definições observáveis da disciplina vistos em sala de aula. Méndez (2004), relatou que essa dificuldade dos estudantes é agravada pela falta de familiaridade com o objeto de estudo ou por estes não vivenciarem aulas práticas.

A percepção de que a compreensão dos conceitos de Química Ambiental é maior quando se utiliza uma metodologia de experimentação como prática investigativa dos fenômenos que ocorrem no dia-a-dia, pode colaborar para que os estudantes construam uma aprendizagem significativa (Santos et al., 2011; Carvalho et al., 2013). Neste sentido, a experimentação tem um papel fundamental no processo de ensino e aprendizagem, podendo favorecer a aprendizagem significativa dos estudantes quando o coloca no centro deste processo, dando sentido à teoria vista em sala de aula além de transformar algo muitas vezes abstrato em palpável e dinâmico (Diesel et al., 2017).

Assim, face à demanda por um ensino de Química Ambiental que envolva os estudantes com situações problemas que fazem parte de seu cotidiano e atividades práticas, o presente artigo apresenta uma proposta de experimentação aplicada objetivando o favorecimento da aprendizagem significativa no ensino de Química Ambiental na temática de poluição atmosférica, utilizando Amostragem Passiva (AP) para o gás Dióxido de Nitrogênio (NO<sub>2(g)</sub>).

## 2. Referencial teórico

### 2.1 A Química Ambiental no currículo escolar

O estudo da Química Ambiental tem como objetivo analisar os elementos que formam o sistema terrestre (hidrosfera, atmosfera, geosfera e antroposfera), compreendendo as fontes, reações e impactos naturais e decorrentes da atividade humana (Manahan, 2013). Nas escolas, o propósito do trabalho realizado é formar cidadãos conscientes dos efeitos gerados principalmente pela ação humana ao meio ambiente e a saúde, porém os documentos curriculares ainda trazem formatos insuficientes e restritos a memorização de conteúdo (Fujioka et al., 2021).

Devido o tópico ser uma questão social, nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) o mesmo foi inserido como um tema transversal (“saberes extras”), as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) o traz apenas como uma recomendação e a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) até promove algumas mudanças, passando os mesmos a se chamarem Temas Contemporâneos Transversais (TCTs), o assunto se tornou uma referência obrigatória nacionalmente, os TCTs foram ampliados de seis para quinze e houve a fundamentação legal dos temas atuais (Brasil, 1997; 2013; 2017).

No entanto, o documento mantém a orientação de trabalhar os conteúdos de forma transversal nas escolas e aborda a temática ambiental de maneira superficial ao longo de suas competências e habilidades (Behrend et al., 2018; Oliveira & Neiman, 2020). Estes fatos são negativos, pois segundo Santos e Santos (2016) as disciplinas possuem limites e dificuldades para inserir os temas transversais devido a carga horária baixa e a rigidez dos currículos.

### 2.2 Aprendizagem significativa

A aprendizagem significativa é definida como um processo de aquisição de novos conhecimentos a depender do conhecimento prévio que o estudante possui, com o propósito de que as novas informações encontrem suporte nesses elementos (subsúcores). Em outras palavras, o aprendizado é encarado como uma construção que se baseia em fundamentos já internalizados para que o indivíduo possa construir novos modelos mentais (Cruz et al., 2020; Darroz et al., 2015; Moreira, 2012; Neves & Damiani, 2006).

Ausubel, em 1963, propôs essa teoria em discordância com a já existente memorização (Ribeiro et al., 2012). A proposta de Ausubel é cognitivista e construtivista, e esta pode ser caracterizada como uma teoria que busca

Dar sentido a algo, ter motivo para algo e atribuir-lhe importância, legitimidade, utilidade. Para que se atribuam tais

características a esse algo, é necessário que haja a diversidade que propicia a utilização de algumas competências como a compreensão do processo em suas etapas de realização, a percepção da contribuição para a sociedade e para a própria autonomia, liberdade e independência dos sujeitos (Cruz et al., 2020, p. 412).

Nesta mesma linha, Libâneo (2013) defende que a educação escolar é uma prática educativa planejada, com metas e intenções claras, cujo propósito é formar indivíduos capazes de participar de maneira consciente e crítica na sociedade. Sendo a Química uma disciplina que requer não só o ensino teórico, mas também atividades experimentais, que propicie o estímulo dos estudantes à aprendizagem significativa (Fernandes, 2013).

### 2.3 Aprendizagem significativa x Experimentação

No processo de ensino e aprendizagem de Química, é necessário ponderar sobre como os conteúdos estão sendo aplicados em sala de aula, pois os seus fenômenos muitas vezes estão em um universo micro. No entanto, explorar diferentes abordagens podem tornar esses assuntos mais compreensíveis e favorecer a aprendizagem significativa, uma vez que ambos contemplam atividades múltiplas com a participação ativa do estudante e o professor passa a ser apenas um mediador do processo (De Jesus Silva & Da Silva Egas, 2022; Fernandes, 2013; Rocha & Farias, 2022; Da Silva & Sales, 2018).

A teoria de Ausubel trata de alguns pontos que podem guiar os professores a um ensino que possibilite essa aprendizagem significativa, levando em conta que:

- Os materiais introdutórios são importantes;
- Os materiais de aprendizagem devem estar bem organizados;
- As novas ideias e conceitos devem ser potencialmente significativos para o aluno;
- A “ancoragem” dos novos conceitos a estruturas cognitivas previamente existentes, nos alunos, tornará os novos conceitos recordáveis e, conseqüentemente, passíveis de serem utilizados em futuras aprendizagens (Praia, 2000, p.133).

Araújo e Abib (2003) dividem as atividades experimentais em: observação, verificação e investigação. A atividade de observação cria abertura para o diálogo por meio da demonstração tornando os conceitos menos abstratos, já a verificação é realizada para confirmar hipóteses e princípios e nos trabalhos investigativos, os alunos interpretam o problema e apresentam soluções.

Na experimentação por investigação, Dos Santos e De Menezes (2020) destacam que o aluno tem o papel de pesquisador e o professor de orientador, a teoria tem a possibilidade de ser explicada durante a aula ou previamente e esta abordagem tem como vantagens que “os alunos ocupam uma posição mais ativa; há espaço para criatividade e abordagem de temas socialmente relevantes; o ‘erro’ é mais aceito e contribui para o aprendizado” (Dos Santos & De Menezes, 2020, p.194), já as desvantagens é que requer um conhecimento prévio dos estudantes em atividades experimentais e demanda maior tempo assim como a aprendizagem significativa necessita de espaço para que os conhecimentos sejam de fato internalizados.

Em contraponto, as aulas de Química Ambiental com um caráter teórico acabam não criando um espaço de reflexão, questionamento ou mesmo que faça com que o estudante se sinta no contexto. Para tanto, quando tratamos da poluição atmosférica isso pode ficar ainda mais evidente visto que os fenômenos muitas vezes não são de fácil percepção, o que requer um maior grau de abstração, é neste sentido que as atividades experimentais podem corroborar como o aprendizado efetivo, pois ao se colocarem no processo investigativo, anteriormente intangível, os estudantes conseguirão dar significado ao conhecimento adquirido (De Jesus Silva & Da Silva Egas, 2022; Guimarães, 2009; Menezes & Farias, 2020; De Oliveira, 2010; Dos Santos & De Menezes, 2020; Da Silva & Sales, 2018; Da Silva, 2020).

## 2.4 O estudo da poluição atmosférica por experimentação

Considera-se poluente “[...]qualquer substância que, eventualmente, venha a causar incômodo, desconforto ou perigo para o homem, os demais animais ou o meio ambiente”, contudo a poluição pode ocorrer por meio de várias fontes, resultando em poluição do ar, água ou terra e considera-se um local poluído desde que ele seja incapaz de se regenerar de forma natural (Fernandes, 2013, p.45). Sendo que a poluição advinda de atividade humana, geralmente, é a mais preocupante, em virtude de exigirem equipamentos que demandam o uso em abundância de combustíveis fósseis como matriz energética ocasionando consequências diretas para o ecossistema (Tyara & Reis, 2020; Chichilnisky, 2009).

Uma dessas implicações é a produção de poluentes atmosféricos como o gás Dióxido de Nitrogênio ( $\text{NO}_{2(g)}$ ), que além de participar de reações na atmosfera, devido seu caráter oxidante, produz outras substâncias que afetam negativamente o meio ambiente, é potencialmente irritante e tóxico para a saúde humana, comprometendo principalmente as vias aéreas (Miranda et al., 2017; Silva & Vieira, 2017).

Destacando-se a relevância do tema e o potencial didático da experimentação por investigação, o monitoramento de poluente atmosférico por meio de amostragem passiva vem ganhando espaço no meio acadêmico, por ser capaz de prover dados para quantificação de poluentes de maneira barata e independente de fontes de energia, embora muitas vezes com uma abordagem qualitativa e exploratória (Byanju et al., 2012; Souza et al., 2021; Miranda et al., 2017; Silva & Vieira, 2017). Entretanto, a literatura relata poucos ou nenhum trabalho de experimentação desta temática no ensino médio.

A luz de tal contexto de experimentação com o uso da amostragem passiva, sua aplicação no ensino básico pode promover um maior engajamento dos estudantes para as questões socioambientais, quando os fazem refletir de forma ativa sobre as suas ações e as reações que ocorrem em nosso meio. Outro ponto a se considerar para o uso da amostragem passiva é a importância de prover dados das localidades e realidades onde os estudantes estão inseridos, pois como mencionado por Maia (2020) em seu trabalho recente, há uma falta de monitoramento dos poluentes atmosféricos na região, visto que:

Apesar das recentes instalações de uma estação de monitoramento da qualidade do ar pela SEUMA (Secretária urbanismo e meio ambiente de fortaleza) (Cajazeiras) e outra da SEMACE (Superintendência Estadual do Meio Ambiente) (Alto Alegre), estas não possuem representatividade de dados uma vez que estão em fase de implantação e suas quantidades e localização não refletem a realidade da qualidade do ar da cidade. (Maia, 2020, p. 36).

Os dados sobre o monitoramento citados por Maia se encontram no site da Superintendência Estadual do Meio Ambiente- SEMACE (Ceará, 1988) e suas últimas atualizações datam de janeiro de 2020 e outubro de 2019, respectivamente, comprovando o que foi dito pelo autor.

## 3. Materiais e Métodos

### 3.1 Desenvolvimento dos amostradores passivos de baixo custo para $\text{NO}_{2(g)}$

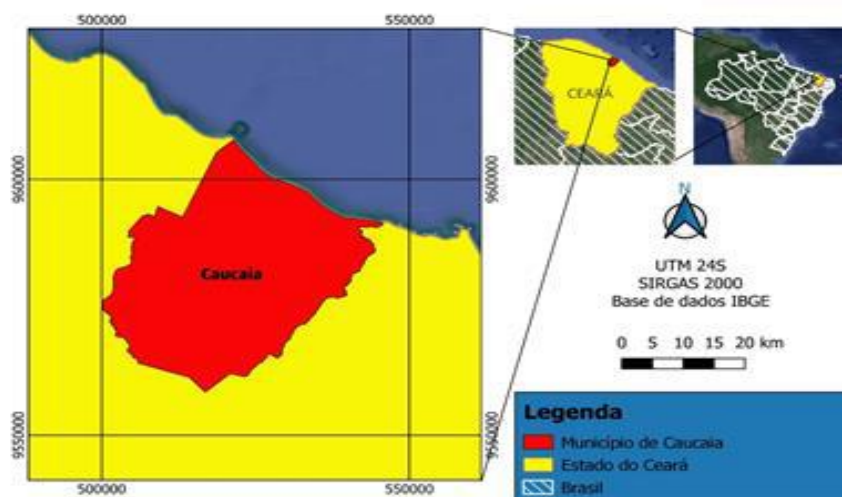
A 1ª etapa do projeto foi marcada pelo desenvolvimento em laboratório dos amostradores passivos de baixo custo que seriam utilizados nesta pesquisa. Optou-se pelos amostradores passivo do tipo tubular que foram confeccionados usando canos de PVC, contendo um tampão, uma tela para impedir a entrada de materiais particulados e insetos que possam interferir na coleta, elástico para prender a tela ao tampão, além de parafuso com rosca borboleta para fixação dos amostradores à calha de proteção.

### 3.2 Procedimento metodológico

O presente trabalho foi realizado com 32 estudantes do curso técnico integrado em Química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), localizado no município de Caucaia- CE, no período de março a junho de

2023 e aplicado na disciplina de Química Analítica (Figura 1). De acordo com o IPECE (2017, 2021), Caucaia é um município localizado no Norte do Ceará, com latitude 3° 44' 10" e longitude 38° 39' 11". Sua área absoluta é de 1.228,5 km<sup>2</sup> e está a 29,9m de altitude. Sua distância em linha reta da capital é de 20 km. O clima da cidade varia entre tropical quente semi-árido brando, tropical quente sub-úmido e tropical quente úmido. A temperatura varia entre 26°C e 28°C e o índice pluviométrico fica em torno dos 1243,2 mm, com período chuvoso de janeiro a maio.

**Figura 1** – Localização da área de estudo – Município de Caucaia-Ceará.

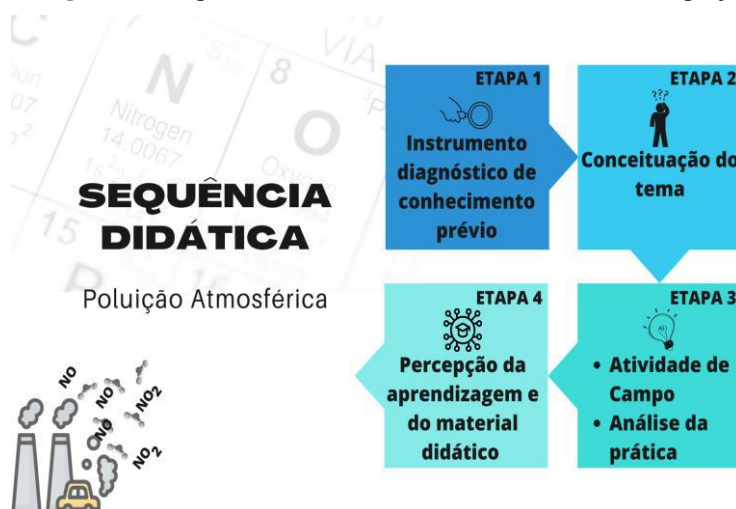


Fonte: Autores (2023).

O projeto foi aplicado nas turmas de 3° e 5°semestres (equivalentes a 2° e 3° série do ensino médio). Estas turmas eram formadas por 35 e 13 estudantes, respectivamente, onde 75% eram meninas e 25% meninos, com idade média de entre 15 a 18 anos. A escola foi selecionada devido a sua localização e a presença de um laboratório equipado para análises. Já os estudantes foram escolhidos devido aos mesmos cursarem o ensino médio tecnológico, e já terem cursado a disciplina de Química Ambiental, além de possuírem familiaridade com conceitos e métodos analíticos.

A participação dos estudantes nesta pesquisa ficou condicionada a assinatura dos seus responsáveis e dos estudantes voluntários aos Termo de Assentimento Livre e Esclarecido dirigido aos pais (TALE) e ao termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE). Em seguida o presente estudo foi submetido e aprovado ao Comitê de Ética e Pesquisa (CEP) e aprovado de acordo com o parecer substanciado do CEP n° 5.978.035. Para o desenvolvimento da pesquisa foi realizado a seguinte sequência didática (Figura 2):

**Figura 2** – Sequência didática das atividades executadas no projeto.



Fonte: Autores (2023).

A sequência didática para aplicação do projeto (Figura 2), apresenta a proposta metodológica seguida e executada neste trabalho com suas respectivas etapas.

### 3.2.1 Conhecimento Prévio x Conceituando a temática

Nesta etapa utilizou-se um instrumento diagnóstico para avaliar o conhecimento prévio dos estudantes (Quadro 1). Um questionário de percepções prévias de poluição atmosférica foi aplicado por meio do Google Forms, pois este tipo de abordagem facilita tanto o acesso do aluno, quanto a obtenção e o tratamento dos dados por parte do pesquisador (Vieira et al., 2010; Da Costa Andres et al., 2020). O link do formulário foi enviado por uma rede social ([https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSe\\_maiDWHgmIgI1\\_RkFT1A3BtSNZZ546RXTOnL67\\_c32E736A/viewform?usp=sf\\_link](https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSe_maiDWHgmIgI1_RkFT1A3BtSNZZ546RXTOnL67_c32E736A/viewform?usp=sf_link)). O acesso foi somente permitido através do e-mail institucional do estudante. As questões foram respondidas em um único momento devendo o estudante justificar suas respostas e para a análise percentual do questionário foi utilizado os seguintes critérios: a cada pergunta respondida de forma correta foi atribuído um ponto, as respostas incompletas ou superficiais receberam 0,5 ponto e as incorretas ou não respondidas receberam zero de pontuação.

**Quadro 1** - Diagnóstico de conhecimento prévio.

DIAGNÓSTICO INICIAL	
1.	O que é o AR ATMOSFÉRICO e qual a sua composição? a. É uma mistura de diversos gases, sendo o oxigênio o de maior abundância. b. O AR é uma mistura de diversos gases, composta por 78% de nitrogênio, 21% de oxigênio, 1% de argônio e outros em menor proporção. c. O AR é uma mistura gasosa, composta somente por oxigênio e nitrogênio. d. Nenhuma das respostas anteriores e. Não sei. Justifique:
2.	O que você sabe sobre poluição atmosférica (poluição do ar)?
3.	O que pode contribuir para a poluição do ar atmosférico e quais as consequências?
4.	Você considera que a poluição do ar atmosférico impacta na saúde humana e no meio ambiente? Justifique
5.	A poluição do ar tem ligação com as mudanças climáticas? Justifique
6.	Quais atitudes podem ser tomadas para diminuir a poluição do ar?
7.	Cite algum tipo de poluente atmosférico que você conheça.

Fonte: Autores (2023).

Após a avaliação prévia de conhecimento, foram realizadas aulas teóricas, onde se contextualizou, definiu e explicou com exemplos práticos os aspectos do tema poluição atmosférica, a fim de tornar a aprendizagem significativa com a inclusão dos novos conceitos e também orientar os estudantes para as próximas etapas do projeto.

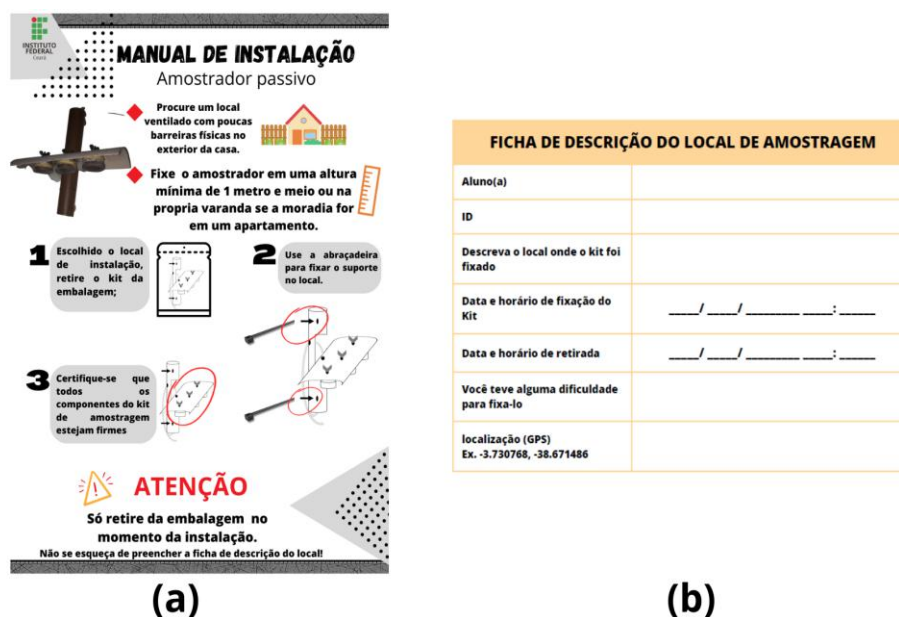
### 3.2.2 Descrição da atividade Experimental

Os estudantes voluntários que concordaram participar do projeto, receberam um Kit contendo um manual de instalação, uma ficha de coleta de dados locais e 3 amostradores passivos (Figura 3a e 3b), cada um contendo um filtro impregnado com 100µL de solução absorvedora de NO<sub>2(g)</sub> (armadilha para NO<sub>2(g)</sub>) que deveriam ficar expostos por 7 dias. A metodologia usada neste trabalho foi baseada nos trabalhos de Saltzman onde foram preparados uma solução absorvedora (0,5 M de KI + 0,2 M de KOH em Metanol), usada nos filtros de celulose para a captura das moléculas de NO<sub>2(g)</sub> presentes no ambiente, o poluente ao entrar em contato com o filtro impregnado com a solução, reage formando o íon nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>). A quantificação deste poluente foi realizada pela Lei de difusão de Fick (1). (Miranda et al., 2017; Byanju et al., 2012; Cruz & Campos, 2002).

$$C = (m \times L) / (D \times A \times t)$$

Onde C corresponde a concentração de analito em (µg/m<sup>3</sup>), m é a massa do analito em (µg), L o comprimento do caminho de difusão do gás em (m), D o coeficiente de difusão molecular do gás em (m<sup>2</sup>/h), A Área transversal do amostrador em (m<sup>2</sup>) e t o tempo de amostragem em (h).

Figura 3 – Manual de instalação (a) e ficha de descrição de amostragem (b).



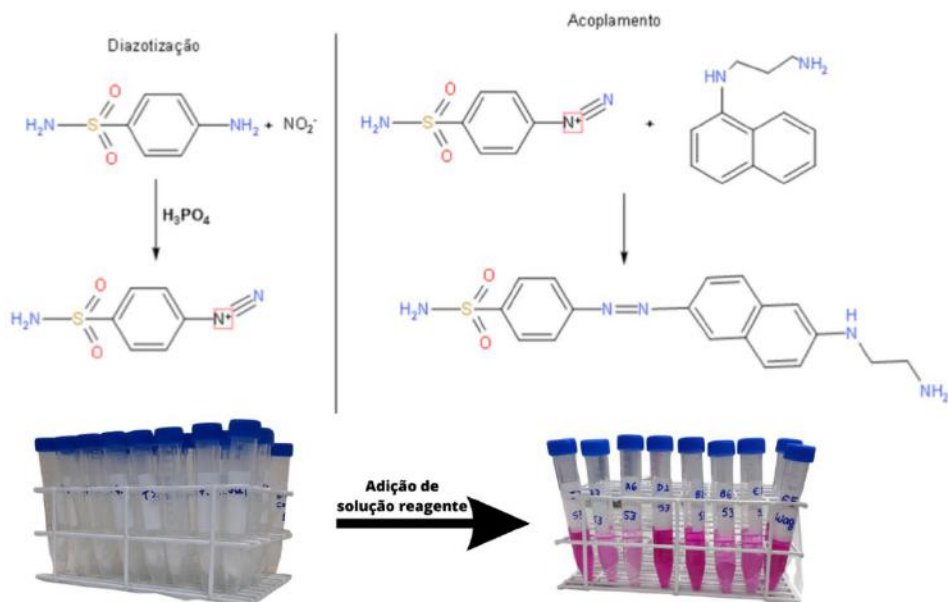
Fonte: Autores (2023).

Após o tempo de exposição, os estudantes recolheram as amostras e levaram ao laboratório conforme as instruções prévias. Em seguida, uma solução reagente (0,5% m/v de Sulfanilamida, 0,005% m/v de N-1-Naftil-etilenodiamina (NEDA) e 1% v/v de Ácido Fosfórico) foi usada nos filtros após o período de amostragem para a extração do íon nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>), na reação de extração ocorre a diazotização da sulfanilamida resultando em um composto de transição que se liga ao NEDA formando um azo composto de coloração avermelhada e este em igual quantidade do íon nitrito (Figura 4) (Miranda et al., 2017; Souza et al., 2017; Byanju et al., 2012). Uma solução estoque (0,0203 g de Nitrito de Sódio P.A em 1L de água) foi preparada para



construir a curva de calibração utilizando espectroscopia no UV/vis, marca Thermo Scientific modelo Genesys 6, onde foram determinados os níveis presentes nos ambientes amostrados. Em seguida, utilizou-se o software livre QGIS versão 3.28.2 com o auxílio do plugin do Google Earth para georreferenciamento e elaboração dos mapas de localização dos pontos de coleta, mapas de calor, também conhecido como mapa de Kernel e Excel para tratamento dos dados.

**Figura 4** – Mecanismo da reação de formação do azo composto



Fonte: Autores (2023).

O mecanismo da reação de formação do azo composto, descrito anteriormente, é ilustrado na Figura 4, juntamente com os tubos de ensaio utilizados na prática. A formação do azo composto foi evidenciada pela mudança de coloração após a adição da solução reagente.

### 3.2.3 Avaliação da aprendizagem e recurso didático

Os resultados da pesquisa foram apresentados aos estudantes e discutidos em sala. Em seguida foi aplicado um questionário para avaliar as percepções da aprendizagem através do uso da atividade prática e uma avaliação do recurso experimental como ferramenta de ensino (Quadro 2).

**Quadro 2 - Questionário avaliativo.**

Avaliação do recurso experimental como ferramenta de ensino					
Indique seu grau de concordância com cada afirmação, segundo a escala abaixo, marcando com um "x" na opção de sua escolha na tabela:					
Discordo Fortemente: ☆					
Discordo: ☆☆					
Indiferente: ☆☆☆					
Concordo: ☆☆☆☆					
Concordo Fortemente: ☆☆☆☆☆					
Qualquer comentário será muito bem recebido e útil para o projeto. Muito obrigado pela colaboração.					
	☆	☆☆ ☆☆	☆☆☆ ☆☆☆ ☆☆☆	☆☆☆☆ ☆☆☆☆ ☆☆☆☆ ☆☆	☆☆☆☆☆ ☆☆☆☆☆ ☆☆☆☆☆ ☆☆☆☆☆ ☆☆☆☆☆
1. Considerou que o experimento foi eficiente para ensinar o conceito.					
2. Conseguiu ter uma melhor compreensão dos fenômenos com este tipo de abordagem.					
3. Gostaria de ter mais aulas neste formato.					
4. Não gostei do uso deste tipo de aula.					
5. A aula foi muito estimulante.					
6. O uso deste tipo de aula deixou a desejar.					
7. Consegui me manter mais atento nesta aula se comparado à expositiva.					
8. Gostaria que mais aulas utilizassem experimentos semelhantes.					
9. Acredito que este tipo de aula colabora mais com a aprendizagem.					
10. O uso desta aula contribuiu para o meu aprendizado.					

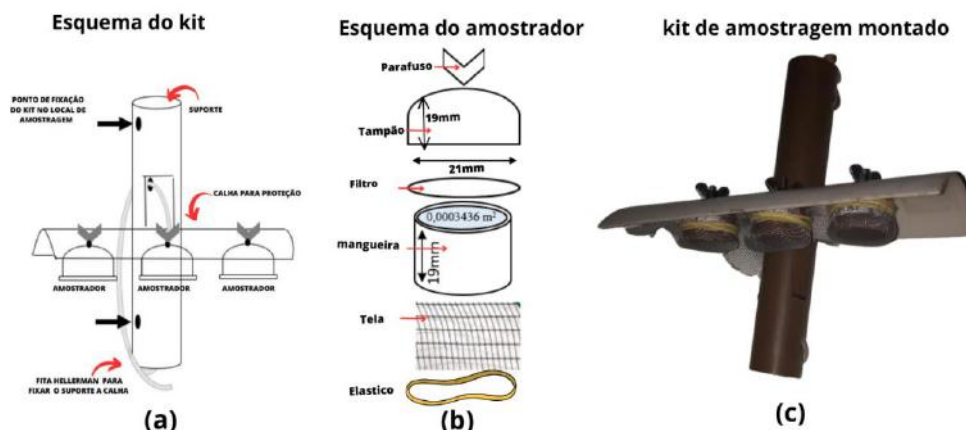
Fonte: Arini et al. (2021).

## 4. Resultados e Discussão

### 4.1 Desenvolvimento dos amostradores passivos de baixo custo para NO<sub>2(g)</sub>

O modelo de amostrador passivo para NO<sub>2(g)</sub> desenvolvido neste trabalho, foi uma adaptação da configuração sugerida por Palmes e Gunnison (1976), um modelo tipo tubular (Palms Tube). O material escolhido para a confecção dos amostradores e suporte teve como critérios: o baixo custo, reuso, facilidade de manuseio, durabilidade e resistência às intempéries ambientais (sol e chuva).

**Figura 5** – Esquema do kit (a) e do amostrador passivo (b) e o kit finalizado (c).



Fonte: Autores (2023).

Cada amostrador foi construído utilizando canos de PVC, como corpo, medindo 19 mm de altura e 25mm de diâmetro, 1 parafuso de fenda Phillips com uma porca borboleta inoxidável, uma mangueira de borracha nitrílica 19 mm de altura, seguida de uma tela de Nylon fio 31. A tela de Nylon evita o contato do filtro com partículas no caminho de difusão do gás, evitando danos mecânicos e que partículas fechem a extremidade do amostrador impregnado com solução que reage com o  $\text{NO}_{2(g)}$ . O resultado da construção foi um kit composto por três amostradores passivos, uma calha de proteção e um suporte de PVC (Figura 5a, 5b e 5c).

**Tabela 1** - Descrição dos custos relacionados ao desenvolvimento do kit.

Desenvolvimento de amostradores do tipo tubular						
Estrutura						
Materiais	Descrição	Valor nas especificações encontradas para compra	Valor unitário na especificação necessária	Quantidade p/ um kit com 3 amostradores	Quantidade* valor unitário	
Abraçadeira	50 und.	R\$ 8,00	R\$ 0,16	6	R\$ 0,96	
Tela de Nylon	1m x 1,5m	R\$ 9,00	R\$ 0,06	3	R\$ 0,18	
Mangueira (1m)	1polegada, 2mm de espessura	R\$ 6,00	R\$ 0,12	3	R\$ 0,35	
Tampão	32mm (und.)	R\$ 1,50	R\$ 1,50	3	R\$ 4,50	
Cano 100mm (6m)	20cm de comprimento e 1/4 da circunferência p/ a calha	R\$ 72,00	R\$ 0,60	1	R\$ 0,60	
parafuso com porca borboleta	conjunto 1 und. cada	R\$ 6,40	R\$ 6,40	3	R\$ 19,20	
cano 3/4 (6m)	p/ suporte	R\$ 22,00	R\$ 0,73	1	R\$ 0,73	
elástico de borracha	pacote c/ 50	R\$ 5,00	R\$ 0,10	3	R\$ 0,30	
<b>VALOR TOTAL DE UM KIT C/ 3 AMOSTRADORES</b>					<b>R\$ 26,82</b>	

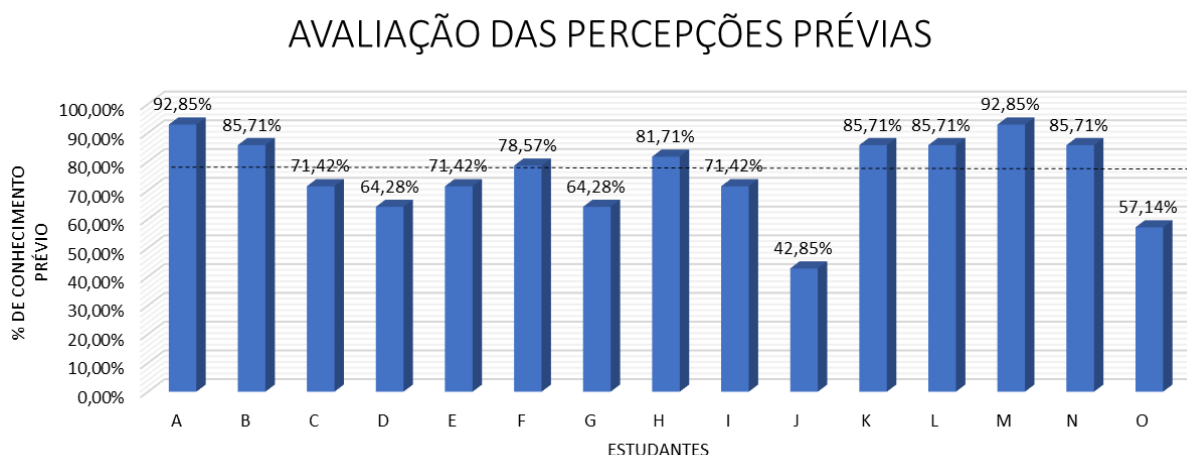
Fonte: Autores (2023).

Ao longo desta pesquisa, foram utilizados 34 kits de amostradores passivos nas aulas práticas sendo que o preço de cada conjunto ficou em média R\$26,82 (Tabela 1), conforme mostra a tabela 1 com os custo dos materiais. Melchert e Cardoso (2006), descreveram a importância do uso de amostradores passivos como uma alternativa para quantificação de  $\text{NO}_2(g)$  em diversos ambientes. É prático, de fácil construção, de baixo custo, tem amplo potencial para aplicação, além de requerer equipamentos básicos de um laboratório de química e tratamento mínimo das amostras. Vieira et al. (2019), relataram que a experimentação no ensino de química utilizando materiais de baixo custo, reproduz problemas reais e concretos para que os alunos possam construir soluções usando seu próprio conhecimento.

#### 4.2 Análise da percepção de conhecimento prévio

A coleta dos dados de percepções prévias foi realizada com 46,9% dos estudantes participantes da pesquisa (15/32 estudantes), conforme a Figura 6. Os resultados podem refletir a forma como a Química Ambiental nesta temática foi trabalhada com estes estudantes, sem uma relação com o seu cotidiano, contextualização, sem práticas experimentais, o que corrobora com o desinteresse ou desmotivação pelo tema, gerando uma aprendizagem sem significado (Santos & Royer, 2018).

**Figura 6** – Percentual de conhecimento prévio dos estudantes acerca do tema poluição atmosférica e seus impactos



Fonte: Autores (2023).

Pode-se verificar que estes estudantes possuem um conhecimento prévio do tema (seja científico, declarativo, básico, intuitivo) entre 42,85% a 92,85%. Podemos verificar também que 75,71% em média dos estudantes possuem um conhecimento não-estruturado (saber como?), enquanto 24,29% tem algumas ideias preconcebidas e erradas (Figura 6).

#### 4.3 Estruturação do conhecimento

De posse dos resultados das análises de conhecimento prévio, os estudantes passaram por uma formação (2 horas/aula) (Figura 7a e 7b), onde lhes foi apresentado o conceito da temática e a abordagem metodológica para a atividade prática com o poluente  $\text{NO}_{2(g)}$ . Em seguida foi realizado um treinamento de como proceder na coleta em campo para uma amostra gasosa usando os kits de amostragem passiva. A literatura relata que a experimentação por investigação promove uma participação efetiva dos estudantes facilitando a aprendizagem de técnicas, manuseio de equipamentos e a interpretação do que está sendo estudado (Araújo & Abib, 2003).

**Figura 7** – Aula teórica (a) e entrega dos kits de amostragem (b).



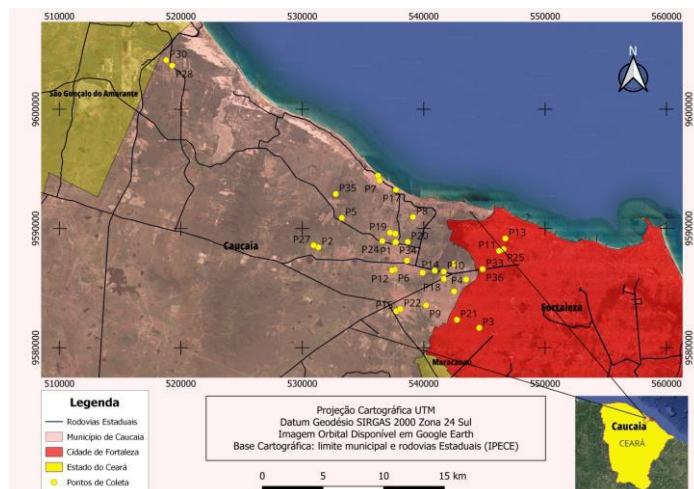
Fonte: Autores (2023).

Na Figura 7a e 7b, podemos observar a participação dos estudantes na aula teórica e o recebimento dos kits de amostragem passiva ao qual eles iriam levar para suas casas.

#### 4.4 Análise e reflexão da coleta e concentração de $\text{NO}_{2(g)}$

A malha amostral realizada por cada estudante na coleta do gás  $\text{NO}_{2(g)}$  utilizando amostragem passiva em suas residências são mostrados na Figura 8. Nesta, os estudantes puderam verificar a distribuição dos pontos de amostragem passiva entre Caucaia (29 pontos) e Fortaleza (7 pontos) utilizando o software QGis. Neste momento, apresentamos o quão é importante realizar uma distribuição espacial que cubra a maior área possível do Site de amostragem para se ter uma representação/aproximação fiel da situação local, além de pelo menos um ano de monitoramento. Foi ressaltado os desafios de se fazer pesquisa em poluição atmosférica, calibração dos amostradores passivos contra um equipamento de referência e a importância do engajamento da população (P36) como uma forma de ampliarmos as discussões e comparar pontos com características diferentes. Nas discussões também foi apontado pelos estudantes dentro do mapa como os pontos P28 e P30 se destacavam, em virtude da distância dos demais, pois estes se encontram nos limites dos Municípios de Caucaia e São Gonçalo.

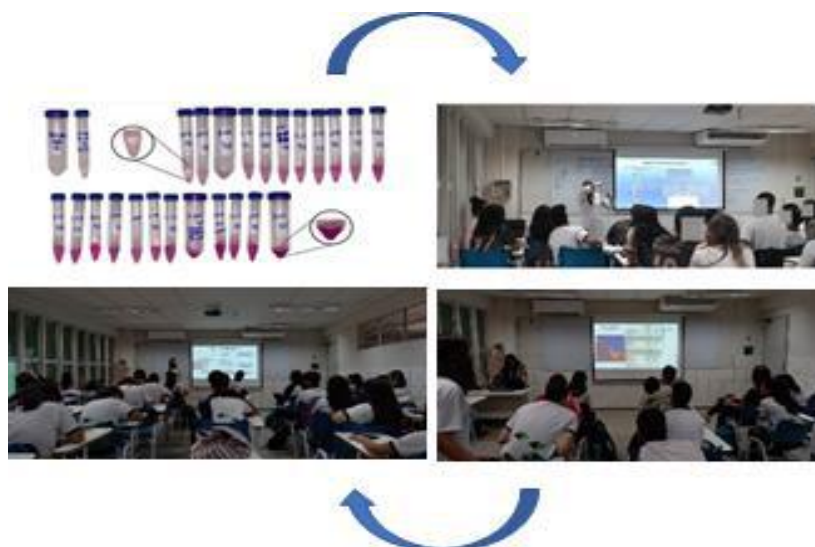
**Figura 8** – Malha amostral (pontos de coleta) realizada pelos estudantes na coleta do gás  $\text{NO}_{2(g)}$  em suas residências, utilizando amostragem passiva.



Fonte: Autores (2023).

A análise e reflexão dos resultados com os estudantes foi inicialmente realizada através da observação visual/qualitativa das amostras que foram entregues. Através destas, os estudantes puderam verificar como é realizada a medição do poluente através da reação do analito com a solução reagente e equipamento (UV-VIS). Neste momento eles puderam relacionar a intensidade da cor gerada em cada amostra com o nível (concentração) do poluente e refletirem/questionarem, acerca destes valores e possíveis explicações que os justificasse (ex: fontes de  $\text{NO}_{2(g)}$  próximas às suas residências) (Figura 9). Em relação a este momento a literatura relata que uma aula prática é capaz de criar um ambiente favorável à aprendizagem significativa através do diálogo sobre os resultados experimentados, ao contrário de aula somente expositiva (tradicionais) (Leivas et al., 2023; Barbosa, 2021; Santos et al., 2016; Valadares et al., 2000). Também foi verificado, que o uso de uma abordagem qualitativa em sala, quando não seja possível a análise instrumental, pode ser aplicada com este experimento, contribuindo e muito para a vivência prática dos estudantes.

**Figura 9** – Análise e reflexão dos resultados obtidos das coletas de  $\text{NO}_{2(g)}$  por amostragem passiva.

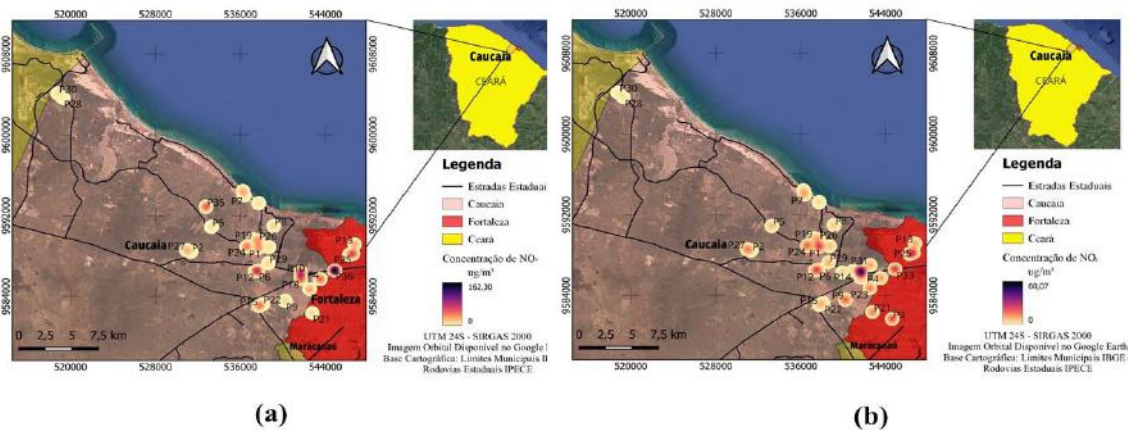


Fonte: Autores (2023).

A reflexão dos resultados obtidos para os níveis de  $\text{NO}_{2(g)}$  nas 1<sup>o</sup> e 2<sup>o</sup> campanhas, foram analisados segundo os mapas

de Kernel (mapas de calor) e apresentados aos estudantes conforme a Figura 10a e 10b. Nestas, pudemos mostrar aos estudantes como as amplitudes dos resultados variaram de 5,576 - 162,30  $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$  e 2,705 - 60,07  $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$ , para 1° e 2° campanhas, respectivamente, como os níveis médios da 1° campanha ficaram 2,14 vezes maiores que a 2° campanha e foi possível fornecer uma explicação baseado na observação das fontes e fatores que pudessem interferir nos resultados. Assim, mostrou-se que tal fato poderia estar relacionado com uma série de fatores, dentre os quais o tempo de coleta, pois muitos estudantes retiraram seus amostradores entre 5 – 7 dias, local de coleta, perdas, não instalação do kit, presença ou não de fontes de poluição, etc., além disso, foi apresentado uma comparação das duas campanhas com a Resolução CONAMA n.º 491/2018 (Brasil, 2018), que dispõe sobre os padrões de qualidade do ar para este poluente e todos se encontram dentro dos níveis recomendados (PI - 260  $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$ ).

**Figura 10** – Mapa de Kernel com as densidades das concentrações médias de  $\text{NO}_{2(g)}$  para 1° (a) e 2° (b) campanhas em 2023, respectivamente, utilizando amostragem passiva.



Fonte: Autores (2023).

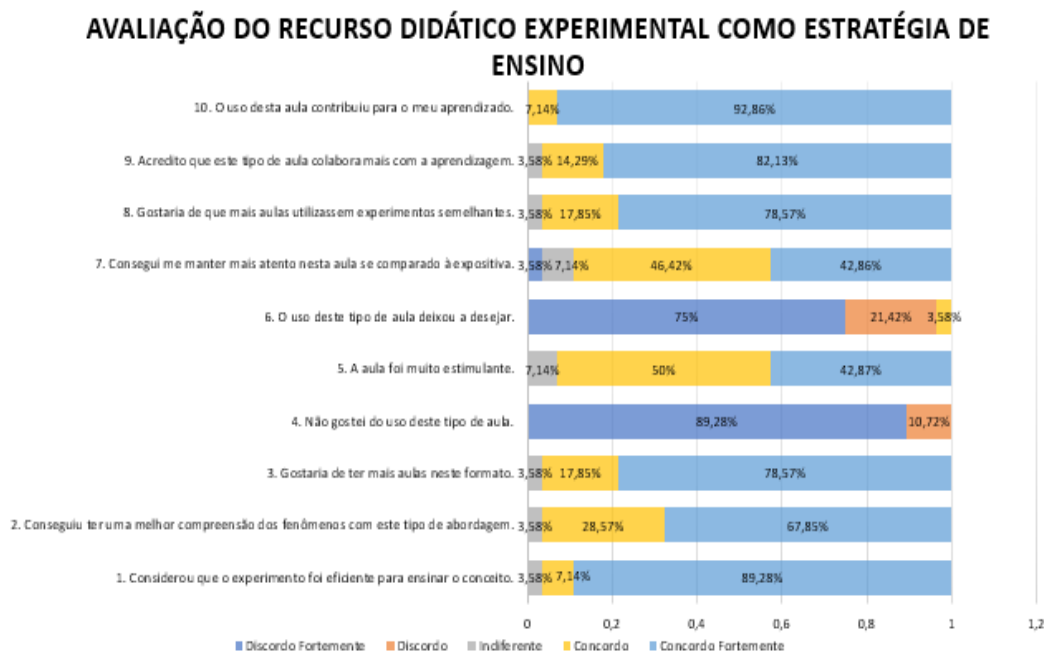
Foi realizada uma análise individual de cada ponto por campanha explicando o que é o gráfico de Kernel e mostramos que os pontos 4; 6; 10; 15; 18; 24; 25; 35; 36 (1° campanha) e 3; 9; 10; 24; 25 (2° campanhas) se destacaram em seus níveis de concentração. A reflexão abordada com os estudantes para esta observação se deve ao fato destes pontos possuírem alguma fonte do poluente  $\text{NO}_2$  próximas às suas residências (vias de intenso tráfego, fábricas). Na pesquisa também foi possível mostrar que os menores níveis encontrados deste poluente se encontravam nos pontos 2; 19; 22; 28 e 30 indicando baixas fontes deste poluente. Foi também reforçado com os estudantes que os dados coletados e apresentados, serviram como referência para o diálogo sobre o que é a poluição atmosférica, sendo estes valores apenas um indicativo da presença do poluente  $\text{NO}_{2(g)}$ , com fins didáticos.

#### 4.5 Avaliação da aprendizagem e recurso didático

Finalizadas as três primeiras etapas da sequência didática, os estudantes passaram por um momento de avaliação da percepção de aprendizagem e da atividade prática como mostrado na Figura 11. Os resultados apontaram que 89,28% dos estudantes veem que a atividade prática contribuiu/melhorou o ensino de conceitos em poluição atmosférica. Muitos atestaram que esta metodologia é bem mais prática, rica e fácil, quando comparada a metodologia tradicional (questões 9/82,14% e 10/92,85%), onde o professor usa o quadro branco para explicar o conteúdo. Em contrapartida, 7,14%, responderam que este tipo de aula é indiferente quanto ao estímulo ou motivação (questão 5) e manutenção da atenção em sala de aula. Vale ressaltar que uma pequena porção de 3,57% relatou alguma indiferença quanto ao uso deste tipo de metodologia. A luz de tais

resultados, Moreira (2012), destaca que existem condições específicas para haver a aprendizagem significativa, tais como: planejamento, organização, recurso instrumental significativo e a predisposição do estudante em aprender o conteúdo.

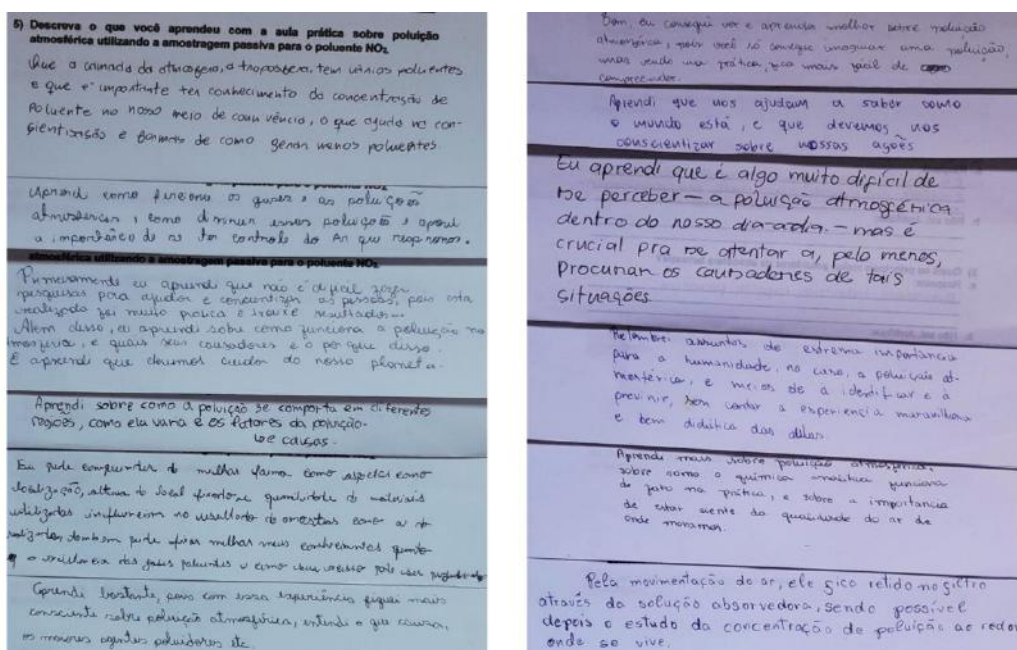
**Figura 11** – Respostas da avaliação da percepção de aprendizagem e da atividade prática.



Fonte: Autores (2023).

Ao término foi solicitado aos estudantes que eles descrevessem o que eles aprenderam de conhecimento no tocante a poluição atmosférica com o uso da experimentação (Figura 12). Nesta, pode-se notar uma melhora do conhecimento estruturado, pois muitos deram detalhes e descreveram pontos mais aprofundados do fenômeno estudado.

**Figura 12** – Percepção dos estudantes quanto a aprendizagem por meio do uso da aula experimental.



Fonte: Autores (2023).



Observou-se pelas respostas dos estudantes (Figura 12) que eles compreenderam a importância do assunto tratado em sala de aula, conseguiram relacionar o tema com o meio em que eles vivem e a interdisciplinaridade e multidisciplinaridade trabalhados no projeto.

## 5. Considerações Finais

O presente trabalho mostrou que a experimentação aplicada no intuito de favorecer a aprendizagem significativa no ensino de Química Ambiental é uma ótima alternativa e uma grande aliada para tornar o ensino e a aprendizagem de estudantes do ensino médio de escolas públicas/técnicas mais atraente e eficaz. O trabalho apontou a eficiência da experimentação como metodologia de ensino, pois quando bem organizada e planejada, pode ser de simples aplicação e com excelentes resultados. Além de ressaltar a importância de colocar os estudantes como centro do processo de ensino, os dados coletados e apresentados, serviram como referência para o diálogo sobre a poluição atmosférica em sala de aula, sendo estes valores apenas um indicativo das concentrações do poluente  $\text{NO}_{2(g)}$  existentes em cada local amostrado. Este projeto também reforça a importância da interdisciplinaridade e multidisciplinaridade, de tal modo que a Química Ambiental não deve ser vista como uma ciência isolada, mas que promova o processo de ensino e aprendizagem dos estudantes de maneira significativa, com intuito de promover a possibilidade de formação humana, crítica e reflexiva do estudante. E finalmente é possível perceber que ainda existe um razoável caminho a ser percorrido para que as aulas experimentais, sejam implementadas nas escolas, uma vez que, fatores como infraestrutura, tempo, professor, projeto pedagógico, fatores sociais e ambientais, corroboram para dificultar a implementação desta metodologia. Para trabalhos futuros, os autores sugerem a implementação desta experimentação aplicada em conjunto com outras disciplinas para verificar a importância da integralização do currículo acadêmico na aprendizagem significativa.

## Referências

- Araújo, M. S. T. D., & Abib, M. L. V. D. S. (2003). Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. *Revista Brasileira de ensino de física*, 25, 176-194. 10.1590/S1806-11172003000200007
- Arini, G. S., Santos, I. V. D. S., & Torres, B. B. (2021). Uma abordagem de ensino ativo em um experimento de eletrólise. *Química Nova na Escola*, 43(2), 176-182. 10.21577/0104-8899.20160244
- Barbosa, J. L. (2021). *Desenvolvimento de amostrador passivo para óxidos de nitrogênio (NOx) na atmosfera*. <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/34243>
- Behrend, D. M., da Silva Cousin, C., & do Carmo Galiuzzi, M. (2018). Base Nacional Comum Curricular: o que se mostra de referência à educação ambiental?. *Ambiente & Educação: Revista de Educação Ambiental*, 23(2), 74-89. 10.14295/ambeduc.v23i2.8425
- Belo, T. N., Leite, L. B. P., & Meotti, P. R. M. (2019). As dificuldades de aprendizagem de química: um estudo feito com alunos da Universidade Federal do Amazonas. *Scientia Naturalis*, 1(3). <https://periodicos.ufac.br/index.php/SciNat/article/view/2540>
- Byanju, R. M., Gewali, M. B., & Manandhar, K. (2012). Amostragem passiva de dióxido de nitrogênio ambiente usando tubos locais. *J Environ Prot*, 3, 177-186. 10.4236/jep.2012.32022
- Brasil, MEC. (2017). Base nacional comum curricular. Brasília, DF, SEB/MEC. [http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/historico/BNCC\\_EnsinoMedio\\_embaixa\\_site\\_110518.pdf](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/historico/BNCC_EnsinoMedio_embaixa_site_110518.pdf).
- Brasil, MEC. (1997). Parâmetros curriculares nacionais. <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/livro01.pdf>
- Brasil, MEC. (2013) Ministério da Educação. Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica. Brasília, DF. [http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com\\_docman&view=download&alias=13448-diretrizes-curriculares-nacionais-2013-pdf&Itemid=30192](http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=13448-diretrizes-curriculares-nacionais-2013-pdf&Itemid=30192).
- Brasil. (2016). Senado Federal. Constituição da República Federativa do Brasil. [https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/518231/CF88\\_Livro\\_EC91\\_2016.pdf](https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/518231/CF88_Livro_EC91_2016.pdf).
- Brasil. (1999). Presidência da República Casa Civil Subchefia para Assuntos Jurídicos. [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19795.html](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19795.html).
- Brasil. (2018). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 491, 19 de novembro de 2018. Dispõe sobre os padrões de qualidade do ar. *Diário Oficial da União – Brasília/DF*, nº 223, de 21/11/2018. Seção 01, 155-156. [http://conama.mma.gov.br/?option=com\\_sisconama&task=arquivo.download&id=766](http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=766).
- Branco, E. P., Royer, M. R., & de Godoi Branco, A. B. (2018). A abordagem da Educação Ambiental nos PCNs, nas DCNs e na BNCC. *Nuances: estudos*

sobre Educação, 29(1). 10.32930/nuances.v29i1.5526.

Carvalho, A. M. P. D. (2013). Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: *Cengage Learning*. 60.

Ceará. (1998). Superintendência Estadual do Meio Ambiente-SEMACE. <https://www.troposfera.es.br/referencias-2/siam-estado-de-ceara/indice-de-qualidade-do-ar.html>.

Chichilnisky, G. (2009) Mudança climática: inovação financeira e mercados de carbono Uma modesta extensão do Protocolo de Kyoto pode acabar com o impasse entre nações industrializadas e em desenvolvimento. *SANGARI BRASIL*.

Cruz, L. P. D. S., & Campos, V. P. (2002). Amostragem passiva de poluentes atmosféricos: aplicação ao SO<sub>2</sub>. *Química Nova*, 25, 406-411. 10.1590/S0100-40422002000300013

Cruz, J., dos Santos Tavares, E., & Costa, M. (2020). Aprendizagem significativa no contexto do ensino remoto. *Dialogia*, (36), 411-427. 10.5585/dialogia.n36.17760

Darroz, L. M., Rosa, C. D., & Ghiggi, C. M. (2015). Método tradicional x aprendizagem significativa: investigação na ação dos professores de física. *Aprendizagem Significativa em Revista*, 5(1), 70-85.

Da Costa Andres, F., Andres, S. C., Moreschi, C., Rodrigues, S. O., & Ferst, M. F. (2020). A utilização da plataforma Google Forms em pesquisa acadêmica: relato de experiência. *Research, Society and Development*, 9(9), e284997174-e284997174. 10.33448/rsd-v9i9.7174

De Jesus Silva, A. J., & da Silva Egas, V. S. (2022). Percepção da importância do uso de atividades experimentais na aprendizagem de química de um grupo de estudantes concluintes do ensino médio em uma escola pública em Tefé/AM. *Revista Insignare Scientia-RIS*, 5(1), 209-234. 10.36661/2595-4520.2022v5n1.12155

De Oliveira, J. R. S. (2010). A perspectiva sócio-histórica de Vygotsky e suas relações com a prática da experimentação no ensino de Química. Alexandria: *Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 3(3), 25-45..

Da Silva, J. B. (2020). A Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel: uma análise das condições possíveis. *Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento*, 9(4), e09932803-e09932803. 10.33448/rsd-v9i4.2803

Da Silva, J. B., Sales, G. L., & Alves, F. R. V. (2018). Didática da Física: uma análise de seus elementos de natureza epistemológica, cognitiva e metodológica. *Caderno Brasileiro de ensino de Física*, 35(1), 20-41. 10.5007/2175-7941.2018v35n1p20

Diesel, A., Baldez, A. L. S., & Martins, S. N. (2017). Os princípios das metodologias ativas de ensino: uma abordagem teórica. *Revista Thema*, 14(1), 268-288. 10.15536/thema.14.2017.268-288.404

Dos Santos, L. R., & de Menezes, J. A. (2020). A experimentação no ensino de Química: principais abordagens, problemas e desafios. *Revista Eletrônica Pesquiseduca*, 12(26), 180-207. <https://periodicos.unisantos.br/pesquiseduca/article/view/940>

Fernandes, M. L. M. (2013). O ensino de química eo cotidiano [livro eletrônico]- Curitiba: *InterSaberes*. – (1), 45.

Fujioka, B. M. Z., da Cruz, L. A. N., & de Oliveira, E. M. (2021). A educação ambiental apresentada na BNCC e no PCN: uma breve análise. *Cadernos de Educação*, 20(40), 147-166. 10.15603/1679-8104/ce.v20n40p147-166

Guimarães, C. C. (2009). Experimentação no ensino de química: caminhos e descaminhos rumo à aprendizagem significativa. *Química nova na escola*, 31(3), 198-202.

IPECE. (2021). Ceará em Mapas Interativos: Limites municipais do Estado do Ceará. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE). <http://mapas.ipece.ce.gov.br/i3geo/ogc/index.php>.

IPECE. (2017). Perfil Municipal. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE). <https://www.ipece.ce.gov.br/perfil-municipal-2017/>.

Leivas, L. S., Bender, C. R., & Ceschini, M. S. C. (2023). Educação ambiental e química: relação potente numa intervenção sobre chuva ácida. Atividades em escolas: uma ferramenta de aprendizagem para promover a educação ambiental, (24). *Encontro de Educação Ambiental da Fronteira Oeste (2. 2023 : Uruguaiana,RS)*. Interligando saberes, vestindo ideias, mobilizando fronteiras para proteger o mundo / (organizadores) Ailton Jesus Dinardi ... [et al.]. – Porto Alegre : Unipampa : Evangraf .

Libâneo, J. C. (2013). José Carlos. Didática. Editora Cortez, 2, 78-79

Maia, M. L. (2020). Estimativa da variabilidade nos níveis de NO<sub>2</sub> utilizando amostragem passiva em vias comerciais de Fortaleza-CE, considerando efeitos da sazonalidade temporal. 74 f. *Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza*. <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/55522>

Melchert, W. R., & Cardoso, A. A. (2006). Construção de amostrador passivo de baixo custo para determinação de dióxido de nitrogênio. *Química Nova*, 29, 365-367. 10.1590/S0100-40422006000200029

Manahan, S. E. (2013). Química ambiental. Bookman Editora. (28).

Méndez, M. M. A. (2004). La ciencia de lo cotidiano. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las Ciencias*, 109-121.

Menezes, J. M. D. S., & Farias, S. A. D. (2020). O Desenvolvimento de Argumentação e Mobilização de Conceitos Químicos por Meio da Atividade Experimental Investigativa. *Rev Virtual Quím*, 12 (1), 223-233. 10.21577/1984-6835.20200017

Miranda, D. C., Ferreira, G. C., Barbosa, L. D., Pereira, N. L. A., Ribeiro, T. C., Maloncy, M. L., & da Silva Batista, M. (2017). Análise dos poluentes atmosféricos NO<sub>2</sub> e O<sub>3</sub> via amostradores passivos de baixo custo. *e-xacta*, 10(1), 29-35. 10.18674/exacta.v10i1.1960

- Moreira, M. A. (2012). ¿ Al final, qué es aprendizaje significativo?. *Curriculum: revista de teoría, investigación y práctica educativa. La Laguna, Espanha*. 25, 29-56. <http://moreira.if.ufrgs.br/oqueeafinal.pdf>.
- Neves, R. D. A., & Damiani, M. F. (2006). Vygotsky e as teorias da aprendizagem. 1(2), 1-10. <https://repositorio.furg.br/handle/1/3453>.
- Oliveira, R., Cacuro, T. A., Fernandes, S., & Irazusta, S. P. (2016). Aprendizagem Significativa, Educação Ambiental e Ensino de Química: Uma experiência realizada em uma escola pública. *Revista Virtual de Química*, 8(3), 913-925. 10.5935/1984-6835.20160066
- Oliveira, L., & Neiman, Z. (2020). Educação Ambiental no âmbito escolar: análise do processo de elaboração e aprovação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC). *Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)*, 15(3), 36-52. 10.34024/revbea.2020.v15.10474
- Palmes, Ed et al. (1976). Amostrador pessoal para dióxido de nitrogênio. *American Industrial Hygiene Association Journal* (vol. 37) 10, 570-577. 0.1080/0002889768507522
- Praia, J. F. (2000). Aprendizagem significativa em D. Ausubel: contributos para uma adequada visão da sua teoria e incidências no ensino. *Teoria da aprendizagem significativa*. Peniche, Portugal, 121-134.
- Ribeiro, R. J., Silva, S. D. C. R. D., & Koscianski, A. (2012). Organizadores prévios para aprendizagem significativa em Física: o formato curta de animação. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 14, 167-183. 10.1590/1983-21172012140311.
- Rossetto, G. P., Gregório, J. R., & Raupp, D. T. (2022). Uma unidade temática sobre poluição atmosférica para o ensino de química. *REPPE-Revista de Produtos Educacionais e Pesquisas em Ensino*, 6(1), 54-83.
- Rocha, C. J. T. & Farias, S. A. (Orgs.). (2022). Pesquisas em educação química: Concepções, Processos e Recursos Educacionais no Contexto Amazônico [recurso eletrônico] / Carlos José Trindade da Rocha; Sidilene Aquino de Farias (Orgs.). Editora Fi. 10.22350/9786559175383
- Santos, A. G., & Santos, C. A. P. (2016). A inserção da Educação Ambiental no currículo escolar. *Revista Monografias Ambientais*, 369-380. 10.5902/2236130819893
- Santos, D. M., & Royer, M. R. (2018). Uma análise da percepção dos alunos sobre a Química Verde e a Educação Ambiental no Ensino de Química. *Revista Debates em Ensino de Química*, 4(2), 142-164. <https://www.journals.ufrpe.br/index.php/REDEQUIM/article/view/1805>.
- Santos, P. T. A., Dias, J., Lima, V. E., Oliveira, M. J., Neto, L. J. A., & Celestino, V. Q. (2011). Lixo e reciclagem como tema motivador no ensino de química. *Eclética Química*, 36, 78-92. 10.1590/S0100-46702011000100006
- Silva, A. F., & Vieira, C. A. (2017). Aspectos da poluição atmosférica: uma reflexão sobre a qualidade do ar nas cidades brasileiras. *Ciência e Sustentabilidade*, 3(1), 166-189. 10.33809/2447-4606.312017166-189
- Souza, R. C., Azevedo, M. S., & Della Justina, E. (2021). Monitoramento Ambiental do Dióxido de Nitrogênio (NO<sub>2</sub>) na Área Urbana de Porto Velho–RO utilizando Amostradores Passivos. *Geografia (Londrina)*, 30(1), 387-404. 10.5433/2447-1747.2021v30n1p387
- Souza, P. A., Francisco, K. C., & Cardoso, A. A. (2017). Desenvolvimento de amostrador passivo sensível para monitoramento de poluição atmosférica por dióxido de nitrogênio. *Química Nova*, 40, 1233-1237
- Valadares, J., Moreira, M. A., Novak, J. D., Cachapuz, A. F., Praia, J. F., Martínez, R. D., & Pedrosa, M. E. (2000). *Teoria da aprendizagem significativa: contributos do III Encontro Internacional sobre aprendizagem significativa*. (146).
- Vieira, K. M., Bernini, P. C., Paula, B. R. D., Martino, D. P., Souza, D. C. D., Monnerat, C. S., & Correa, S. F. (2019). Instrumentação para o ensino de química utilizando materiais de baixo custo. <https://rsd.unifei.edu.br/index.php/rsd/article/view/767>
- Vieira, H. C., Castro, A. E. D., & Schuch Júnior, V. F. (2010). O uso de questionários via e-mail em pesquisas acadêmicas sob a ótica dos respondentes. *XIII SEMEAD Seminários em administração*, 17(1), 01-13.