



ENSINO POR INVESTIGAÇÃO: A SÍNTESE DE ETANOL A PARTIR DA FERMENTAÇÃO ALCOÓLICA DA SACAROSE

TEACHING BY RESEARCH: THE SYNTHESIS OF ETHANOL FROM THE ALCOHOLIC FERMENTATION OF SUCROSE

DANIEL RODRIGUES DE OLIVEIRA

Centro Educacional 08 do Gama Distrito Federal

Resumo

O objetivo deste trabalho foi apresentar elementos relacionados à temática sobre síntese de etanol a partir da fermentação alcoólica da sacarose, aplicando o ensino por investigação na perspectiva da aprendizagem significativa de David P. Ausubel. Usamos a metodologia qualitativa e descritiva com análise de texto à luz da análise de conteúdo. As Atividades Investigativas foram aplicadas a estudantes do novo Ensino Médio matriculados em uma escola pública localizada no Gama Distrito Federal. Para este relato de experiência, foi selecionada uma das atividades aplicadas, cujos resultados foram analisados e discutidos. A atividade contou com a participação de 32 estudantes, em aulas presenciais realizadas ao longo de quatro encontros presenciais em um contexto de pós-pandemia. As atividades aplicadas sobre a síntese de etanol tiveram como objetivo investigar, de forma experimental, os processos envolvidos na produção de álcool, utilizando materiais de baixo custo. Para isso, verificamos os conhecimentos prévios dos estudantes, propomos uma sequência de ensino por investigação, construímos um destilador simples usando materiais de baixo custo e participamos do circuito de ciências das escolas públicas do Distrito Federal. O trabalho apresenta evidências relevantes sobre a aplicação de atividades investigativas, cuja abordagem promove a articulação entre prática e teoria, incentivando a aprendizagem de forma ativa. A proposta de atividade investigativa estimulou o senso crítico e contribui de forma significativa para a alfabetização e o letramento científicos dos estudantes.

Palavras-chave: Síntese de etanol. Investigação. Interdisciplinaridade.

Abstract

The objective of this work was to present elements related to the theme of ethanol synthesis from the alcoholic fermentation of sucrose, applying teaching through investigation from the perspective of meaningful learning by David P. Ausubel. We used qualitative and descriptive methodology with text analysis in light of content analysis. The Investigative Activities were applied to new high school students enrolled in a public school located in Gama Federal District. For this

experience report, one of the applied activities was selected, the results of which were analyzed and discussed. The activity involved the participation of 32 students, in face-to-face classes held over four face-to-face meetings in a post-pandemic context. The activities applied to ethanol synthesis aimed to experimentally investigate the processes involved in alcohol production, using low-cost materials. To do this, we check the students' prior knowledge, propose an investigation-based teaching sequence, build a simple distiller using low-cost materials and participate in the science circuit of public schools in the Federal District. The work presents relevant evidence on the application of investigative activities, whose approach promotes the articulation between practice and theory, encouraging active learning. The proposed investigative activity stimulated critical thinking and contributed significantly to students' scientific literacy and literacy.

Keywords: Ethanol Synthesis. Investigation. Interdisciplinarity.

I. INTRODUÇÃO

É inegável que a educação formal apresenta forte tendência a utilizar excessivamente metodologias tradicionais de ensino, sendo a abordagem expositiva a mais predominante. Nesse modelo, o professor planeja suas aulas com o propósito principal de transmitir conteúdos, enquanto os alunos assumem o papel de meros ouvintes de forma passiva (NICOLA e PANIZ, 2017).

Ao término da apresentação dos conceitos, a preocupação dos estudantes limita-se a assimilar as informações para realizar atividades, fazer avaliações e redigir textos sobre o tema abordado. No entanto, é recorrente que, após algum tempo, os alunos não consigam mais recordar o conteúdo ministrado nem estabelecer conexões significativas entre os conceitos aprendidos em sala de aula e o seu cotidiano (MARTINS e SCHNETZLER, 2018).

Dessa forma, a educação escolar não cumpre sua função pedagógica de formar cidadãos críticos e com responsabilidade na sua relação com o meio onde estão inseridos (MOREIRA, 2011).

Contudo, podemos associar ao método tradicional de ensino a utilização de metodologias ativas usando recursos didático-pedagógicos adequados que possam ser aliados e capazes de despertar a curiosidade e o interesse dos estudantes não só pelas ciências da natureza, mas também por qualquer outro conteúdo proposto pelo professor (NICOLA e PANIZ, 2016).

Estévão, Silva (2024) e Marques et al. (2021) argumentam que as metodologias ativas de ensino consistem num conjunto de abordagens didático pedagógicas que são destinadas a fomentar o pensamento autônomo e a desenvolver competências sociais e cognitivas, posicionando o aluno como o elemento central no seu próprio processo de formação.

Ademais, as abordagens didático-pedagógicas podem ser fortalecidas através da utilização de materiais e técnicas que facilitam o processo de aprendizagem dos estudantes (SOUZA, 2007). Essas abordagens, denominadas como atividades lúdicas, experimentais e práticas, incluem o uso de materiais de baixo custo e a integração de tecnologias como celulares, tablets, computadores, aplicativos, internet e outros dispositivos disponíveis (TOMAZELLO e SCHIEL, 2000). Além disso, há a possibilidade de os próprios alunos

participarem na construção desses materiais, promovendo um aprendizado mais envolvente, atrativo e ativo (SOUZA, 2007).

A metodologia de ensino de ciências por meio da investigação apresenta-se como uma alternativa prática e viável à abordagem tradicional, que é amplamente utilizada na educação formal. O ensino por investigação coloca o aluno no centro do processo de ensino-aprendizagem, proporcionando uma fonte construtiva de conhecimento (CARVALHO et al., 2022).

Além disso, permite que os conteúdos sejam confrontados com conhecimentos empíricos, favorecendo, então, a aprendizagem e a alfabetização científica de forma significativa (MOREIRA, 2011). Neste contexto, o papel do professor é essencialmente o de orientar e facilitar o aluno na aquisição de novos conhecimentos, ajudando-o a estabelecer conexões entre as novas informações e as experiências previamente adquiridas ao longo da sua formação escolar (CARVALHO et al., 2022).

Ao propor uma atividade investigativa, o professor apresenta problemas que desafiam os estudantes a desenvolver soluções, incentivando-os a formular hipóteses, testá-las e, posteriormente, partilhar suas conclusões e reflexões com os colegas. Este processo promove a construção de novos conhecimentos com características científicas sendo, então, o divisor de águas entre o ensino meramente expositivo e aquele em que o professor proporciona condições de criatividade e autonomia (CARVALHO et al., 2022). No entanto, a metodologia de ensino por investigação não objetiva substituir completamente os recursos tradicionais, como as aulas expositivas; estas continuam a ser válidas quando inseridas num contexto justificável e que contribua para o processo de aprendizagem.

É imprescindível que o professor possua formação sólida e consiga estabelecer relação de confiança com seus alunos. O compromisso em estimular os estudantes a pesquisar e aprofundar-se nos conteúdos é de fundamental importância. O professor deve incentivar os estudantes a reconhecerem-se como parte de um mundo globalizado e atuarem como agentes ativos no processo de ensino-aprendizagem. Dessa forma, os alunos podem compreender a importância de adquirir novos conhecimentos de relevância e aplicá-los no seu contexto pessoal e social (SOUZA, 2007).

No atual contexto de pós-pandemia, causada pelo novo coronavírus ou vírus sars-cov-19, as aulas são obrigatoriamente presenciais na educação básica, logo são ministradas no formato presencial nas unidades escolares do Distrito Federal. O ensino de ciências por investigação é uma excelente alternativa para o professor que deseja atingir objetivos de aprendizagem de forma atrativa, ativa e estimulante em que os estudantes possam desenvolver suas habilidades e competências de forma prática, lúdica e com experiências usando materiais de baixo custo (BRAIBANTE et al., 2013).

O tema fermentação alcoólica tem se tornado cada vez mais presente no cotidiano das pessoas, porque esse processo bioquímico energético tem enorme importância econômica, sendo amplamente utilizado na indústria alimentícia de bebidas, assim como na produção de biocombustíveis como o etanol, fonte de energia renovável, isso com o uso da matéria-prima extraída da cana-de-açúcar. Sua relevância pode ser evidenciada pela sua conexão com diversos tópicos essenciais no ensino das Ciências da Natureza como a Química, a Biologia e a Física (BRAIBANTE et al., 2013).

No que lhe concerne, essa temática também está prevista na BNCC - Base Nacional

Comum Curricular - (BRASIL, 2018):

(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 (BRASIL, 2018, p. 560).

E no Currículo em Movimento do Novo Ensino Médio da Secretaria de Estado de Educação do Distrito Federal (DISTRITO FEDERAL, 2018):

(CN44FG) Compreender o processo de obtenção dos combustíveis renováveis e não-renováveis, suas utilizações como fontes de energia e implicações dessas utilizações (DISTRITO FEDERAL, 2018, p. 99).

Com base nessa fundamentação, este trabalho teve como objetivo apresentar elementos da temática sobre a síntese de etanol a partir da fermentação alcoólica da sacarose extraída da cana-de-açúcar a partir das relações entre o referencial teórico discutido pelo ensino de ciências por meio da investigação (CARVALHO et al., 2022) e o da aprendizagem significativa discutido por David P. Ausubel (MOREIRA, 2011), coletados em uma turma de 2ª série do novo Ensino Médio em uma escola pública do Distrito Federal, localizada na Região Administrativa do Gama.

Este estudo se caracteriza como uma pesquisa qualitativa porque não se preocupa com análises estatísticas de forma aprofundada e descritiva porque descreve de forma detalhada os resultados coletados (JUNIOR e BATISTA, 2023), na qual foi analisado o desenvolvimento didático de uma sequência de ensino por investigação. Tal abordagem incluiu a proposição de problemas, a formulação de hipóteses, a experimentação, a coleta de dados, além da análise sistemática e do compartilhamento dos resultados obtidos.

Organizamos este trabalho em diferentes seções e subseções, nas quais abordamos, inicialmente, os objetivos gerais e específicos, o referencial teórico relacionado à teoria da aprendizagem significativa. Em seguida, discutimos de maneira sucinta o ensino de ciências por investigação. Depois, apresentamos de forma detalhada a metodologia que adotamos, acompanhado de nosso relato de experiência. Por fim, concluímos o trabalho com uma síntese das principais ideias e reflexões resultantes da pesquisa com nossas considerações finais e uma breve conclusão.

II. OBJETIVOS

II.1. Objetivo geral

Apresentar elementos da temática sobre a síntese de etanol a partir da fermentação alcoólica da sacarose por meio do ensino de ciências por investigação na perspectiva da teoria da aprendizagem significativa.

II.2. Objetivos específicos

- Verificar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre a síntese de etanol a partir da fermentação alcoólica da sacarose.
- Propor uma sequência de ensino por meio da investigação através de atividades práticas e teóricas.
- Montar um destilador simples com o uso de materiais de baixo custo e testá-lo em uma atividade experimental em laboratório.
- Relatar a experiência da aplicação de uma sequência de ensino por investigação por meio da experimentação.

III. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

III.1. A teoria da aprendizagem significativa

David P. Ausubel (1918-2008) foi o primeiro pesquisador a desenvolver e aplicar o conceito de Aprendizagem Significativa. Motivado pelo interesse em compreender o processo de aprendizagem dos alunos, ele acreditava que esse entendimento poderia ser essencial e usado para fundamentar a atuação do professor no processo de ensino e aprendizagem (BATISTA, et al., 2024).

Ausubel acreditava nas ideias propostas por outro pesquisador sobre formas de como aprendemos, esse estudioso da aprendizagem era Jean W. F. Piaget (1896-1980). As ideias piagetianas discute a aprendizagem como um processo de assimilação e organização de novos conceitos na estrutura cognitiva do aprendiz. Contudo, Ausubel não acreditava nas teorias comportamentais da aprendizagem, porque ele defendia que a aprendizagem em nível escolar não poderia ser desenvolvida por meio de estímulos-respostas e, ainda assim, envolver processos cognitivos complexos. Para Ausubel, a aprendizagem significativa tem foco primordial na aprendizagem cognitiva (MOREIRA, 2023).

De acordo com Ausubel (1980), a aprendizagem significativa se caracteriza como um processo no qual o novo conhecimento se ancora de maneira não arbitrária e não literal à estrutura cognitiva do aprendiz. Assim, o conhecimento prévio do aprendiz interage de forma significativa com as novas informações que lhe são ofertadas, resultando em transformação na sua estrutura cognitiva (BATISTA et al., 2024). Devid Paul Ausubel acreditava que:

[...] a essência do processo de aprendizagem significativa é que ideias simbolicamente expressas sejam relacionadas de maneira substantiva e não arbitrária que que o aprendiz já sabe, ou seja, a algum aspecto de sua estrutura cognitiva especificamente relevante pode ser, por exemplo, uma imagem, um símbolo, um conceito, uma proposição, já significativo (AUSUBEL, 1978, p. 41 apud MOREIRA, 2023 p. 142).

Na teoria da aprendizagem significativa, entendemos que a organização cognitiva do aprendiz é relevante para a aprendizagem de novos conceitos de ordem científica, porque estes

são formados por uma organização complexa de conceitos e proposições que estruturam um conjunto de novas relações que se ligam à estrutura de saberes específicos ao cérebro humano (BATISTA et al., 2024).

Ausubel acreditava que essa estrutura de saberes específicos de conhecimentos é chamada de subsunção e que poderíamos, então, ancorar novos conceitos aos já existentes e organizados de forma hierárquica e conceitual, usando materiais de aprendizagem potencialmente significativos e predisposição por parte do aprendiz em aprender (MOREIRA, 2023, p. 142.).

Considerando essas ideias, podemos discutir que a aprendizagem envolve dois estágios. O primeiro discute a respeito da forma como a informação chega ao aprendiz; o segundo discute a respeito da forma como o aprendiz incorpora em sua estrutura cognitiva a informação recebida. Considerando o primeiro estágio, há duas modalidades: a primeira pela recepção se a informação que for proposta pelo professor o aprendiz apenas tiver que armazená-la; a segunda pela descoberta se a informação for o resultado de uma descoberta autônoma do aprendiz (MOREIRA, 2013).

No que tange ao segundo estágio, a incorporação de conhecimento pode ocorrer de forma mecânica, caracterizada pela simples justaposição do novo conteúdo ao conhecimento preexistente; ou de maneira significativa por meio da inserção de novos conhecimentos que se integram e se relacionam com os já assimilados (BATISTA et al., 2024). Um claro exemplo de aprendizagem mecânica são os exercícios, atividades e testes de respostas aos estímulos que o professor oferece aos alunos. Nesse exemplo, observamos um dos significados arbitrários associados cujo pedido é a memorização dessa associação entre as informações (BATISTA et al., 2024).

É importante ressaltar que a aprendizagem significativa tem característica pela interação entre conhecimentos prévios e novos conhecimentos, e que essa interação deve ser não-literal e não-arbitrária. Nesse sentido, os novos conhecimentos adquirem significados para o aprendiz e os subsunções adquirem, assim, novos significados ou maior solidez cognitiva. De acordo com Moreira (2010):

[...] é importante reiterar que a aprendizagem significativa se caracteriza pela interação entre conhecimentos prévios e conhecimentos novos, e que essa interação é não literal e não arbitrária. Nesse processo, os novos conhecimentos adquirem significado para o sujeito e os conhecimentos prévios adquirem novos significados ou maior estabilidade cognitiva (MOREIRA, 2010, p. 2).

Deste modo, a proposta de aprendizagem significativa é de conceder sentido àquilo que se pretende aprender de forma a proporcionar ao aprendiz um aprendizado que seja relevante dentro de um contexto educacional. O centro da aprendizagem significativa é o aluno e, obviamente, ele deve ser o sujeito construtor da sua aprendizagem de forma autônoma e ativa (BATISTA et al., 2024).

Para Moreira (2013), deve-se partir do aluno o interesse pela aprendizagem, a atividade mais importante do professor nessa relação é a de despertar no estudante a curiosidade, o interesse, a vontade em aprender e propor condições para que isso ocorra naturalmente mesmo que seja corrigindo erros. Dessa forma, o aluno interessado aplicará um processo contínuo que irá superar a aprendizagem de forma mecânica. À vista disso, a aprendizagem

significativa envolverá a aquisição de novos significados e esses novos significados serão produtos da aprendizagem significativa (MOREIRA, 2013).

Podemos observar se houve ou não aprendizagem significativa através da compreensão autêntica de um conceito, isso implica a posse de significados claros, precisos, diferenciados e transferíveis (MOREIRA, 1999). Porém, ao tratarmos essa compreensão simplesmente solicitando que o aluno diga quais os atributos essenciais de um conceito ou os elementos essenciais de uma proposição, podemos obter respostas mecânicas e memorizadas.

Adicionalmente, David P. Ausubel (1918-2008) propõe que para evitarmos a simulação da aprendizagem significativa devemos elaborar questões-problemas de uma forma diferente e não familiar, que exige do aluno o máximo de transformação do conhecimento adquirido. Para isso, testes ou provas devem, no mínimo, ser fraseados de maneira diferente daquela originalmente apresentada pelo material instrucional (MOREIRA, 1999).

III.2. O ensino de ciências por investigação

É consenso entre os autores que discorrem sobre o ensino de ciências que ele deve viabilizar a apropriação crítica do conhecimento científico dentro da proposta que objetiva o letramento e a alfabetização científica que se referem à aplicação do conhecimento científico e tecnológico no dia a dia dentro do contexto histórico e sociológico específico de cada um (CARVALHO et al., 2023). Além dessa referência, o Currículo em Movimento do Distrito Federal (2018) em seus textos afirma, de forma categórica que:

[...] os processos formativos em ciências devem ofertar subsídios para que os alunos possam interpretar fatos, fenômenos e processos naturais e compreender o arcabouço de aparatos e procedimentos tecnológicos do dia a dia social e profissional, tornando-os, dessa forma, capazes de superar problemas e tomar decisões conscientes e se posicionar como sujeitos críticos, autônomos e ativos (DISTRITO FEDERAL, 2018 p. 205).

Entendemos que questionar, propor problemas, propor hipóteses, solucionar problemas, propor experimentos, testar hipóteses, verificar os dados coletados e compará-los devem ser práticas do cotidiano em sala de aula. Dessa forma, podemos fazer com que os estudantes possam pensar em soluções e obter novos conhecimentos, sendo, então, essa prática, certamente, ligada aos objetivos do ensino por investigação através da experimentação.

Não temos dúvida de que as atividades experimentais são recursos didáticos importantes que estão presentes na aprendizagem em ciências e elas são capazes de envolver os estudantes de maneira muito mais atrativa do que as aulas expositivas tradicionais (MONTEIRO et al., 2021).

A atividade investigativa que envolve a aplicação de uma experimentação pode ser uma ferramenta capaz de tornar as aulas mais próximas da realidade do estudante. De certo, uma maneira de mesclar as aulas tradicionais às metodologias ativas (LUCESI et al., 2022). Contudo, esse recurso tem sido pouco utilizado por parte dos professores de ciências sendo justificado, por exemplo, pelo excesso de estudantes por turma, pela falta de laboratório e materiais adequados a experimentação e, ainda, pela imaturidade dos estudantes para realizarem esse tipo de atividade proposta (MONTEIRO et al., 2021).

O ensino por investigação, também conhecido como ensino baseado na investigação ou inquiry-based learning, tem ganhado relevância na educação básica brasileira ao longo das últimas décadas (ZÔMPERO et al., 2019). Para Zômpero et al. (2019), este modelo pedagógico se alinha com a perspectiva construtivista de aprendizagem, enfatizando o papel ativo do estudante na construção do conhecimento por meio da exploração, questionamento e resolução de problemas.

A origem do ensino por investigação pode ser rastreada até o trabalho de filósofos e educadores como John Dewey, que defendia uma educação centrada na experiência e na reflexão crítica pelos estudantes (ZÔMPERO et al., 2019).

No Brasil, a introdução de práticas investigativas no ensino básico começou a se consolidar a partir da década de 1980, influenciada por reformas educacionais e pela incorporação de teorias construtivistas, como as de Jean Piaget e Lev Vygotsky (ZÔMPERO et al., 2019).

O ensino por investigação no Brasil é caracterizado por uma abordagem centrada no estudante, onde o professor atua como facilitador/mediador do processo de aprendizagem (ZÔMPERO et al., 2019). Nesta modalidade, os estudantes são incentivados a formular perguntas, conduzir investigações, coletar e analisar dados, e tirar conclusões a partir de suas descobertas. Este processo promove o desenvolvimento de habilidades críticas, analíticas e de resolução de problemas (ZÔMPERO et al., 2019).

A implementação do ensino por investigação nas escolas brasileiras enfrenta desafios e barreiras, como a necessidade de formação adequada dos professores e a adaptação dos currículos tradicionais (GALIAZZI; MORAES, 2002; RIBEIRO, 2023). A capacitação docente é essencial para que os professores possam orientar e apoiar seus estudantes em suas investigações, promovendo um ambiente de aprendizagem colaborativa e reflexiva (GALIAZZI; MORAES, 2002; RIBEIRO, 2023).

Para Ribeiro (2023), diversas iniciativas e projetos têm sido desenvolvidos para promover o ensino por investigação no Brasil. Programas de formação continuada para professores, materiais didáticos específicos e a integração de novas tecnologias educacionais são algumas das estratégias utilizadas para fomentar essa abordagem pedagógica (GALIAZZI; MORAES, 2002; RIBEIRO, 2023). Além disso, políticas públicas e diretrizes curriculares (BNCC, 2018) têm buscado incentivar a adoção de práticas investigativas no ensino básico (GALIAZZI; MORAES, 2002; RIBEIRO, 2023). No Distrito Federal, há o Currículo em Movimento da Educação Básica (DISTRITO FEDERAL, 2018).

O impacto do ensino por investigação na educação básica é amplamente positivo. Estêvão, Silva (2024) e Marques et al. (2021) indicam que os estudantes envolvidos em atividades investigativas demonstram maior interesse e motivação pelos estudos, desenvolvem habilidades de pensamento crítico e criativo, e apresentam melhor desempenho acadêmico em comparação com métodos de ensino tradicionais. Este modelo também contribui para a formação de cidadãos mais autônomos e preparados para enfrentar os desafios do século XXI (CARVALHO et al., 2022).

No contexto brasileiro, o ensino por investigação tem sido especialmente relevante nos componentes curriculares como os de Física, Biologia e Química onde a exploração de fenômenos naturais e sociais pode ser enriquecida por abordagens investigativas (FEITOSA; MEDEIROS; CAVALCANTE, 2022). No entanto, essa metodologia também pode ser aplicada com sucesso em outras áreas do conhecimento, promovendo uma compreensão mais

profunda e contextualizada dos conteúdos (CARVALHO et al., 2022).

Galiazzi e Moraes (2002) afirmam que o ensino por investigação deve destacar a importância de um ambiente de aprendizagem que valorize a curiosidade e a participação ativa dos estudantes. Para isso, é fundamental que as escolas disponham de recursos adequados, como laboratórios, bibliotecas e acesso à internet, além de uma cultura escolar que incentive a colaboração e a troca de ideias e, evidentemente, a formação continuada dos docentes (GALIAZZI; MORAES, 2002; ESTÉVÃO; SILVA, 2024). O sucesso do ensino por investigação depende, em grande medida, do compromisso dos educadores em criar oportunidades significativas de aprendizagem investigativa (MOREIRA, 1999; ESTÉVÃO; SILVA, 2024). Isso inclui a elaboração de projetos interdisciplinares (LÜCK, 2013), a utilização de metodologias ativas e a incorporação de avaliações formativas que permitam acompanhar o progresso dos educandos ao longo do processo investigativo (LUCHESE et al., 2022). O ensino por investigação na educação básica no Brasil representa uma abordagem pedagógica inovadora e eficaz, que responde às necessidades de uma sociedade em constante transformação, avanço da ciência e da tecnologia (ESTÉVÃO; SILVA, 2024). Ao promover a participação ativa dos estudantes e o desenvolvimento de competências essenciais, essa metodologia contribui para a formação de indivíduos críticos, criativos e comprometidos com a construção de um futuro mais sustentável e justo (CARVALHO et al., 2022; ESTÉVÃO; SILVA, 2024).

Galiazzi e Moraes (2002) afirmam que o ensino por investigação deve destacar a importância de um ambiente de aprendizagem que valorize a curiosidade e a participação ativa dos estudantes. Para isso, é fundamental que as escolas disponham de recursos adequados, como laboratórios, bibliotecas e acesso à internet, além de uma cultura escolar que incentive a colaboração e a troca de ideias e, evidentemente, a formação continuada dos docentes (GALIAZZI; MORAES, 2002; ESTÉVÃO; SILVA, 2024).

O sucesso do ensino por investigação depende, em grande medida, do compromisso dos educadores em criar oportunidades significativas de aprendizagem investigativa (MOREIRA, 1999; ESTÉVÃO; SILVA, 2024). Isso inclui a elaboração de projetos interdisciplinares (LÜCK, 2013), a utilização de metodologias ativas e a incorporação de avaliações formativas que permitam acompanhar o progresso dos educandos ao longo do processo investigativo (LUCHESE et al., 2022).

O ensino por investigação na educação básica no Brasil representa uma abordagem pedagógica inovadora e eficaz, que responde às necessidades de uma sociedade em constante transformação, avanço da ciência e da tecnologia (ESTÉVÃO; SILVA, 2024). Ao promover a participação ativa dos estudantes e o desenvolvimento de competências essenciais, essa metodologia contribui para a formação de indivíduos críticos, criativos e comprometidos com a construção de um futuro mais sustentável e justo (CARVALHO et al., 2022; ESTÉVÃO; SILVA, 2024).

IV. METODOLOGIA

IV.1. Descrição detalhada dos procedimentos metodológicos

Optamos por realizar atividades experimentais usando métodos investigativos, isso com o uso de materiais de baixo custo. Também elaboramos um diário de bordo contendo a

descrição dos procedimentos e descobertas sobre os processos que envolvem a síntese do etanol. Esse tipo de abordagem permite a observação e a coleta de dados diretamente no local de pesquisa, caracterizando-se como uma pesquisa qualitativa e descritiva (JUNIOR e BATISTA, 2023).

A atividade investigativa que aplicamos durante o percurso de 4 encontros (1 por semana) com 2 aulas de 45 min foi realizada com um grupo de 35 estudantes regularmente matriculados no Centro Educacional 08 do Gama Distrito Federal. O número de estudantes que participaram da pesquisa de campo pode ter sofrido alterações durante a aplicação da atividade investigativa, podem ocorrer ausências durante as aulas por diversos motivos que, em geral, são justificadas. O público-alvo das aulas foram os estudantes do novo Ensino Médio, que frequentam a 2ª série da educação básica que compreende a 1ª, 2ª e 3ª séries dessa etapa da educação.

O Centro Educacional 08 do Gama atende estudantes do Ensino Fundamental II, 8ª e 9ª anos, com 6 turmas no total, são 2 turmas de 8ª ano e 4 turmas de 9ª ano. Atende, também, estudantes do novo Ensino Médio, formado por 14 turmas distribuídas da seguinte forma: 4 turmas de 1ª série, 4 turmas de 2ª série e 6 turmas de 3ª série. A unidade escolar funciona em período de tempo integral (EMTI), durante o matutino os estudantes frequentam as aulas de FGB (Formação Geral e Básica) e cursam 2 vezes na semana os IF (Itinerários Formativos). Durante o período vespertino, os alunos frequentam oficinas com diferentes formações, dentre as quais, eles podem escolher em quais participar. São 4 aulas de 50 min com um intervalo de 20 min a cada 2 aulas. Dessa forma, os estudantes permanecem por 08h:00min consecutivas na Escola (das 07h:30min às 16h:30min).

Dentre várias, uma das abordagens pedagógicas que não se baseia exclusivamente no ensino tradicional, mas que considera os estudantes como participantes ativos e protagonistas do processo de aprendizagem e que, ao adotar essa proposta investigativa para o ensino de ciências, ela possibilita o uso da experimentação como um de seus principais eixos norteadores, apesar de não ser um requisito indispensável para a aplicação da metodologia investigativa, a prática experimental contribui de forma significativa para aprofundar a compreensão e o engajamento dos estudantes com os conceitos a serem abordados durante as aulas de Ciências da Natureza (ZÔMPERO e LABURÚ, 2011).

Considerando esse contexto, para que a aplicação da atividade investigativa fosse realizada propriamente, apresentando-se como fundamento à concepção teórica de David Ausubel (1963), a TAS (Teoria da Aprendizagem Significativa), contruímos um mapa conceitual (figura 01) que utilizamos inicialmente para nortear a coleta de subsunçores a serem trabalhados, prontamente consideramos a temática a ser ensinada e o nível de escolaridade do público-alvo.

Com base no mapa conceitual elaborado, que contém os subsunçores de interesse, elaboramos um questionário estruturado composto por seis afirmações (Tabela 1). Os estudantes deveriam indicar uma das três opções de resposta para cada uma das questões-problemas: (A) Concordo com a afirmação, (B) Discordo da afirmação ou (C) Tenho dúvidas sobre a afirmação.

Dessa forma, conseguimos verificar de forma específica os subsunçores que estariam ou não presentes na estrutura cognitiva do público-alvo e, assim, reforçar ou ancorar novos conhecimentos sobre a temática proposta.

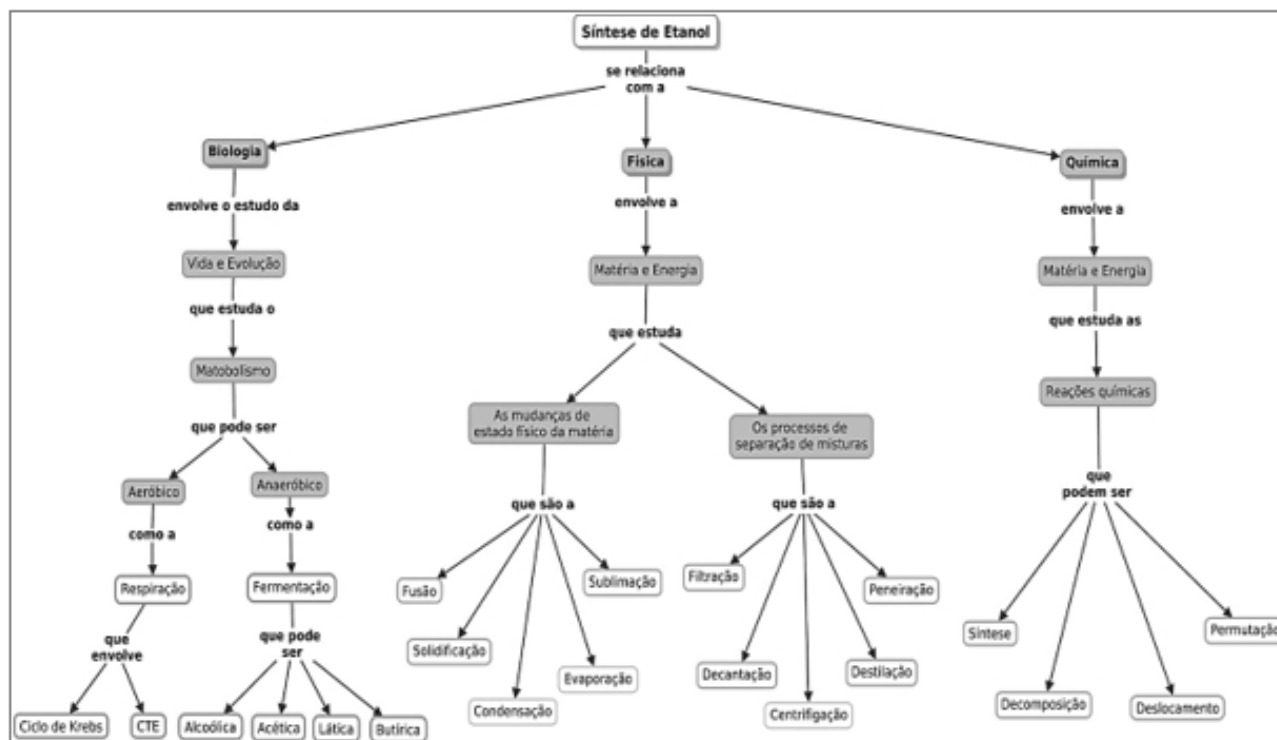


Figura 1: Mapa de subsunçores de interesse. Assunto: síntese de etanol.

As questões foram elaboradas considerando conceitos importantes relacionados à temática síntese de etanol a partir da fermentação alcoólica e os processos envolvidos na produção do etanol a partir da sacarose extraída da cana-de-açúcar.

Entendemos que ao marcar a resposta A (concordo com a afirmação), se a afirmação estiver correta sobre o conteúdo proposto o aluno tem conhecimento sobre o tema abordado, mas se a afirmação estiver errada o aluno não tem conhecimento sobre o tema. Ao marcar a resposta B (discordo da afirmação), se a afirmação estiver correta, o aluno não tem conhecimento sobre o tema, mas se a afirmação estiver incorreta, o aluno tem conhecimento sobre o tema. E quando o aluno marcar a resposta C (tenho dúvidas sobre a afirmação), entendemos que o aluno precisa reforçar a aprendizagem sobre o conteúdo proposto naquele item, isso independe de a afirmação estar correta ou incorreta. Dessa forma, é possível fazer uma avaliação prévia para o planejamento das aulas e abordar de forma intencional o conteúdo que precisa ser compreendido pelo aluno para posterior aprofundamento nos estudos sobre os conteúdos que propomos ensinar.

A construção do questionário consideramos o seguinte objetivo de aprendizagem descrito no Currículo em Movimento do Distrito Federal (2018):

(CN05FG) Distinguir os níveis de organização dos seres vivos, identificando características das moléculas orgânicas e inorgânicas, estruturas celulares, tecidos e sistemas que interagem de forma harmônica para a manutenção da vida de um organismo (Distrito Federal, 2018, p. 96).

Como planejado, aplicamos o questionário (apêndice I) aos estudantes (32 participantes) com a finalidade de realizar a coleta de dados sobre os subsunçores. Esse questionário

N	Questões-problema	Resposta		
Q1	O ciclo de Krebs é considerado um processo aeróbico, visto que ocorre na presença de oxigênio, sendo uma das etapas da respiração celular.	(a) Concordo	(b) Discordo	(c) Tenho dúvidas
Q2	A fermentação alcoólica é um processo bioquímico realizado por organismos fermentadores, como as leveduras, que tem como produto final o CO ₂ e etanol, com liberação de energia na forma de ATP.	(a) Concordo	(b) Discordo	(c) Tenho dúvidas
Q3	A fusão é um processo de mudança de estado físico da matéria em que um corpo passa do estado sólido para o estado líquido com ganho de energia térmica.	(a) Concordo	(b) Discordo	(c) Tenho dúvidas
Q4	A destilação é um processo de separação de misturas cuja função é separar misturas homogêneas no estado líquido por meio da diferença dos pontos de ebulição.	(a) Concordo	(b) Discordo	(c) Tenho dúvidas
Q5	As reações químicas caracterizam-se pelas mudanças nas propriedades químicas e físicas dos materiais que participam como reagentes, por exemplo, na fermentação alcoólica.	(a) Concordo	(b) Discordo	(c) Tenho dúvidas
Q6	Podemos classificar as reações químicas em reações de síntese, decomposição, deslocamento e permutação. Tais reações podem ou não liberar alguma forma de energia.	(a) Concordo	(b) Discordo	(c) Tenho dúvidas

Tabela 1: *Questões-problemas elaboradas com base no mapa de subsunçores de interesse.*

diagnóstico foi disponibilizado de forma impressa aos estudantes em um primeiro momento da atividade investigativa. A orientação foi para que os alunos não realizassem pesquisas de forma alguma, e que seria necessário usar apenas o conhecimento adquirido sobre os conteúdos durante sua jornada escolar até naquele momento. É importante registrar que alguns alunos persistiram em usar seus celulares para fazer pesquisas breves, mas em uma segunda orientação e firmado um compromisso, contrato pedagógico entre as partes, professor e aluno, eles compreenderam a importância da atividade naquele momento e não insistiram em usar seus aparelhos de celular.

Com uso da ferramenta de diagnóstico (questionário de subsunçores), os participantes foram estimulados a classificar as afirmações sobre conhecimentos gerais dos fungos, níveis de organização dos seres vivos, características das moléculas orgânicas e inorgânicas, estruturas celulares, tecidos, sistemas que sustentam a vida, metabolismo, biotecnologia,

função enzimática, reações químicas, propriedades gerais e específicas da matéria, mudanças de estado físico da matéria, fermentação alcoólica, energias renováveis e não renováveis (BRASIL, 2018). O objetivo foi o de estabelecer correlações diretas com a questão da síntese de etanol a partir da fermentação alcoólica da sacarose extraída da cana-de-açúcar.

De posse das respostas dos alunos, a análise permitiu traçar estratégias para os conteúdos, subtemas e temas que mais necessitariam de organização prévia dentro da estrutura cognitiva. No segundo encontro, a aula teve como objetivo realizar a organização prévia, que foi desenvolvida a partir dos resultados do primeiro momento, os conteúdos foram contextualizados, possibilitando condições para que os alunos conseguissem trabalhar com as fragilidades relevantes naquele momento da atividade investigativa.

Em um terceiro encontro, os alunos foram convidados a assistir um vídeo, previamente selecionado, sobre a síntese de etanol a partir da fermentação alcoólica da sacarose extraída da cana-de-açúcar. Depois, eles foram estimulados a responder questões sobre o vídeo em um debate. Textos foram distribuídos para leitura, interpretação e compreensão dos processos envolvidos na síntese do etanol. Essa atividade teve como objetivo realizar a imersão dos alunos na temática proposta.

Posteriormente, fizemos a proposta de construir um destilador simples usando materiais de baixo custo (tabela 02) para investigar os processos que envolvem a produção do etanol no próprio laboratório da escola de forma prática e experimental. Essa atividade experimental teve como objetivo investigar os processos envolvidos na produção de etanol de forma prática, lúdica e integradora.

Material usado	Quantidade	Aquisição
Caldo-de-cana	4 L	Recursos próprios
Fermento biológico 40 g	40 g	Recursos próprios
Recipiente de alumínio 2,5 litros	01 un	Doação
Mangueira transparente PVC 10 mm	1,5 m	Doação
Tubo de cobre de 8 mm	1,5 m	Recursos próprios
Abraçadeira de aço 10 mm	01 un	Doação
Panela de pressão usada 4,5 litros	01 un	Doação
Tubo de cola para PVC 80 g	80 g	Recursos próprios
Fogão elétrico por condução c/ 1 condutor	01 un	Recursos próprios
Filtro de papel para café	5 un	Laboratório da Escola
Recipiente de vidro ou Béquer 500 ml	01 un	Laboratório da Escola
Recipiente de plástico c/ tampa transp. 50 ml	01 un	Doação
Recipiente de plástico c/ tampa transp. 10 ml	01 un	Recursos próprios

Tabela 2: Descrição, quantidade e formas de aquisição dos materiais que foram usados durante as aulas experimentais.

Durante a aula experimental, o caldo-de-cana foi fermentado usando as leveduras presentes no fermento biológico de padaria da marca Fleischmann, o processo de fermentação foi realizado em um recipiente de plástico com a capacidade de 10 L com tampa e uma válvula de pressão durante um período de 72 h. Para ativar o metabolismo das leveduras, os 40 g de fermento biológico foram adicionados a uma mistura contendo 500 mL de água e 300 mL

de caldo-de-cana filtrado e a temperatura de 38 °C. Depois, adicionamos as leveduras com o metabolismo ativado (leveduras em crescimento) aos 4 L de caldo-de-cana no recipiente de plástico de 10 L de capacidade para a fermentação. Após a fermentação, o mosto ou fermentado foi destilado usando um destilador caseiro, montado usando materiais de baixo custo. Todas as etapas da atividade foram registradas pelos estudantes em folhas avulsas, fotografias, anotação que foram transcritas para um diário de bordo e confecção de um pôster.

Durante aula experimental, os alunos (28 participantes) montaram o destilador com os materiais de baixo custo e com auxílio do professor; perguntas, no geral, foram apresentadas pelos próprios estudantes; e com as observações sendo realizadas foi possível realizar a coleta de dados no ambiente de pesquisa. Ao mesmo tempo em que respostas eram propostas pelo professor, perguntas também eram colocadas em contraponto, porque essa relação é particularmente importante, dado que a discussão é aberta entre o professor e seus alunos. Durante esse encontro foi possível verificar o domínio procedimental dos educandos, pois é possível investigar e relacionar visualmente a causa e o efeito que explica esses comportamentos investigados (CARVALHO et al. 2022).

Durante o quarto e último encontro, aplicamos aos alunos (22 participantes) um novo questionário estruturado como avaliação somativa (apêndice II), além de apresentar esse propósito ela também teve como princípio norteador verificar o nível de conhecimento e se houve AS (Aprendizagem Significativa). De acordo com Moreira (2023):

[...] as evidências da aprendizagem significativa podem ser verificadas por meio de testes de compreensão em que, no mínimo, as afirmações sobre a temática para classificação pelos estudantes devem ser parafraseadas e apresentadas em um contexto de alguma forma diferente daquela originalmente apresentada pelos materiais instrucionais (MOREIRA, 2023 p. 143).

Esse trabalho de pesquisa trata-se de um relato de experiência, cuja pesquisa seguiu princípios éticos, respeitando a decisão de participar ou não da atividade investigativa. Em todas as etapas deixamos claro que a atividade investigativa se tratava de uma atividade que iria subsidiar a escrita de um artigo científico e que teria a possibilidade de ser publicado em uma revista científica de alto impacto. De modo consequente, foram respeitadas as orientações previstas nos seguintes documentos que tratam de pesquisas que envolvem seres humanos: as resoluções CNS (Conselho Nacional de Saúde) Resolução nº 466 de 2012 (BRASIL, 2012), Resolução nº 510 de 2016 (BRASIL, 2016) e complementares.

A escolha pelo método qualitativo e descritivo para produção desse trabalho está ancorada em motivos de ordem prática e não ideológica, porque esse tipo de abordagem metodológica pode ser utilizado em diferentes campos científicos, incluído o da educação (JUNIOR e BATISTA, 2023, p. 13).

Contudo, uma das maiores dificuldades sobre o uso dessa metodologia está no fato de saber organizar e sistematizar o grande volume de dados que são gerados com a realização da pesquisa de campo de forma que eles possam auxiliar na produção dos resultados e da nossa análise de forma clara e objetiva (JUNIOR e BATISTA, 2023).

V. RELATO DE EXPERIÊNCIA

V.1. Caracterização do público-alvo e das etapas das atividades investigativas

Optamos por realizar este trabalho com estudantes matriculados no novo ensino médio da 2ª Série de uma escola pública do Distrito Federal em um contexto de aula presencial e pós-pandemia. Seleccionamos uma das turmas em que as atividades investigativas foram aplicadas para relatarmos a nossa experiência.

A faixa etária dos estudantes está entre 15 e 17 anos de idade. As atividades investigativas foram aplicadas usando materiais de baixo custo, a sala de aula e o laboratório da unidade escolar. A escola se localiza na Região Administrativa do Gama (RA II), Setor Sul, no Distrito Federal, e está subordinada à Coordenação Regional de Ensino do Gama ou CRE-Gama.

As atividades investigativas foram aplicadas dentro da perspectiva da sequência de ensino por investigação, seguindo quatro etapas, com quatro encontros de duas aulas presenciais de 45 min cada, totalizando 360 min de aula. A sequência de ensino por investigação pode ser melhor visualizada na tabela 3, a seguir:

Etapas	Procedimentos	Objetivos	Tempo	Local
01	Aplicação do questionário para levantamento dos subsunçores.	Verificar os conhecimentos prévios dos alunos para planejar as demais ações pedagógicas.	90 min	Sala de aula
02	Contextualização da atividade investigativa por meio de debates e escuta ativa dos estudantes.	Problematizar e propor hipóteses sobre a temática da síntese do etanol.	90 min	Sala de aula
03	Apreciação de vídeos sobre a síntese do etanol, com proposta de montagem de um destilador simples.	Propor uma atividade investigativa (AI) por meio da experimentação.	90 min	Sala de aula
04	Aquisição de materiais de baixo custo para montagem de um destilador simples e verificação de sua eficiência na destilação.	Construir um destilador simples utilizando materiais de baixo custo.	90 min	Laboratório

Tabela 3: Visão geral das etapas, procedimentos didáticos-pedagógicos, objetivos, tempo e local da atividade.

V.2. Verificando os conhecimentos prévios dos estudantes

Durante a aplicação do questionário de subsunçores, foi possível perceber que os estudantes não estavam inicialmente engajados para responder às questões. Observamos com frequência que os alunos estavam dispersos e sem compromisso com a atividade proposta. Orientamos para que as respostas fossem dadas a partir do que eles já sabiam sobre a temática abordada e que não fizessem pesquisas em qualquer tipo de material. Alguns estudantes insistiram em realizar pesquisas nos seus aparelhos de celulares. Foi preciso fazer um contrato didático para que eles não insistissem em realizar as pesquisas para responder ao questionário contendo as questões-problema.

Essas observações foram percebidas pelas declarações coletadas durante as aulas presenciais e registradas.

[...] E1. Professor, essa atividade vale nota? E2. Quantos pontos vale se eu acertar todas as questões? E3. Pode fazer pesquisas na internet? E4. Pode usar o livro? E5. Professor, pode consultar a resposta do colega? E6. Nós vamos aprender esse conteúdo primeiro fazendo atividades? E7. O certo não explicar o conteúdo e depois fazer atividades? E8. Como você vai saber a nota se as respostas é discordo da afirmação, concordo com a afirmação ou tenho dúvidas sobre a afirmação? E9. Nunca ouvi falar em Ciclo de Krebs. E10. Professor, leveduras são o quê mesmo? E11. Já estudei sobre essa questão de mistura homogênea? E12. Essa decomposição aqui é o que as bactérias e os fungos fazem? E13. Fermentação alcoólica serve para fazer pães e bolos? E14. É obrigatório responder essa atividade?

Depois de reforçar a importância da atividade naquele momento, eles compreenderam e não utilizaram de fontes de pesquisa para terminar a atividade proposta.

O tempo disponível que deve ser dedicado para ser um professor e pesquisador dentro das Unidades Escolares de Educação Básica é um fator que impede o desenvolvimento das atividades de pesquisa. Esse tempo não é o suficiente para realizar todas as atividades de forma planejada.

Muitos dos estudantes não apresentam interesse em participar de forma ativa das atividades propostas, há muita resistência em seguir as etapas das atividades propostas, principalmente quando se usa atividades de leitura e interpretação de textos de divulgação científica.

Há problemas com conversa de forma excessiva, uso de celulares sem necessidade pedagógica, saídas para resolver problemas de ordem pessoal, conflitos de ordem pessoal, ausência de materiais básicos e de uso individual, tais como lápis, caneta, borracha e caderno de anotações. É necessário a todo tempo de aula solicitar silêncio e atenção, inclusive para ouvir perguntas de colegas da própria sala de aula.

As atividades que são propostas como ler, responder, escrever, observar, relatar, descrever, desenhar, esquematizar ou construir um mapa mental exigem motivação, atenção, interesse e predisposição para executá-las em sala de aula ou no laboratório, exigências que não observamos com frequência durante as aulas.

Observamos que é muito cansativo e desgastante convencê-los da importância da aprendizagem de conteúdos e temas sobre as ciências da natureza. Em contra partida, há alunos muito interessados em aprender o que está sendo proposto. Esses desenvolvem as atividades com orientações básicas, conseguem seguir bem os comandos das questões, leem bem, interpretam bem, apresentam predisposição para aprender algo novo e sempre estão dispostos a participar das atividades, sejam elas práticas ou de cunho teórico.

Há também alunos que estão em salas inclusivas que exigem do professor a capacidade de elaborar atividades que sejam adequadas a cada um dos Transtornos Globais do Desenvolvimento (TGD), identificamos alunos com laudos médicos que afirmam diagnósticos ou, ainda, que estão em aberto (Estudos de Caso). Esses laudos apontam para alunos que possuem TDAH, TGD, TEA, BV, DI, entre outros. Não há dificuldades para elaborar as atividades, mas não há tempo disponível para que as atividades sejam elaboradas de forma a atender os alunos que necessitam de acompanhamento mais atento do professor regente.

V.3. Apresentando os resultados do questionário de subsunçores

Após a aplicação do questionário para levantamento dos subsunçores de interesse, os dados coletados foram organizados em uma planilha no Microsoft Excel para análise estatística. A partir dessa organização, foi gerado um gráfico (Figura 2), que nos permitiu fazer a análise detalhada das respostas dos estudantes. Esse processo de análise estatística foi usado como base para a tomada de decisões no planejamento e desenvolvimento de atividades investigativas, especialmente aquelas envolvendo a experimentação.

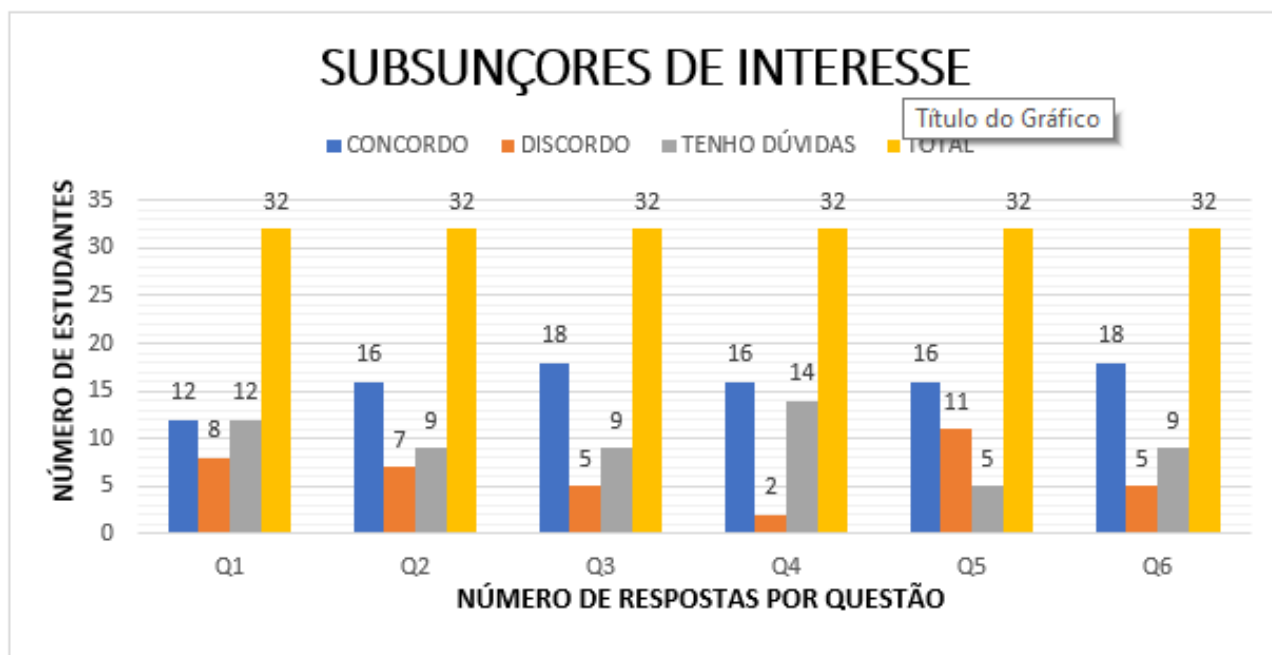


Figura 2: Gráfico contendo o número de respostas por questão e o número de estudantes que responderam às questões.

Participaram dessa atividade inicial, destinada ao levantamento dos subsunçores, um total de 32 estudantes, todos matriculados em uma das turmas da 2ª Série do Novo Ensino Médio. Vale destacar que, embora a turma selecionada tenha 38 estudantes matriculados, apenas 32 estavam presentes no dia da aplicação do questionário. As faltas são, em geral, justificadas pelos estudantes à Coordenação Pedagógica.

A análise do gráfico referente à questão 1 (Q1) revela que 37,5% dos alunos concordaram com a afirmação, indicando compreensão do tema abordado sobre os processos metabólicos aeróbicos, especificamente o Ciclo de Krebs e a Cadeia Transportadora de Elétrons (CTE). Por outro lado, 37,5% dos estudantes afirmaram ter dúvidas sobre o tema, e 25% discordaram da afirmação. Esses dados permitem inferir que 62,5% dos alunos que responderam a esse item apresentam dificuldades em compreender os processos aeróbicos envolvidos na produção de energia em forma de ATP, em destaque, pelo Ciclo de Krebs e pela CTE.

A análise do gráfico referente à questão 2 (Q2) indica que, dos 32 alunos que responderam ao item, 50% concordaram com a afirmação, demonstrando compreender que a fermentação alcoólica é um processo metabólico que ocorre na ausência de oxigênio, produz energia na forma de ATP e tem como resíduos metabólicos o dióxido de carbono (CO₂) e o etanol. No

entanto, 21,8% dos alunos discordaram da afirmação, o que sugere que não compreendem o tema abordado, somando-se a esses 28,2% que declararam ter dúvidas sobre a temática. Assim, podemos inferir que 50% dos estudantes apresentam dificuldades em entender os processos de fermentação alcoólica, seus produtos metabólicos e sua relação com a produção de energia em forma de ATP.

A análise das respostas referentes à questão 3 (Q3), que trata dos processos envolvidos nas mudanças de estado físico da matéria, revela que 56,3% dos alunos declararam concordar com a afirmação, indicando que esses estudantes compreendem a temática abordada. Entre os 32 participantes, 16,6% discordaram da afirmação, enquanto 28,1% demonstraram dúvidas. Esses resultados evidenciam que 44,7% dos alunos apresentam dificuldades em relação ao tema, o que aponta para a necessidade de desenvolver atividades que promovam a compreensão desses processos, preferencialmente por meio de práticas experimentais em sala de aula, favorecendo o aprendizado por experiência e observação.

No que se refere à questão 4 (Q4), que aborda a temática dos métodos de separação de misturas, com ênfase na destilação simples, observa-se que 50% dos participantes declararam concordar com a afirmação apresentada, o que indica que esses alunos possuem compreensão acerca do tema. Em contrapartida, 6,2% dos estudantes afirmaram discordar, enquanto 43,8% relataram dúvidas sobre a temática em questão. Esses dados permitem inferir que metade dos discentes não demonstra entendimento suficiente sobre os métodos de separação de misturas, particularmente no que se refere ao processo de destilação simples, técnica empregada para separar componentes de uma mistura líquida homogênea cujas substâncias apresentam diferentes pontos de ebulição.

A análise das respostas à questão 5 (Q5) revelou que, entre os 32 alunos que responderam a esse item, 50% indicaram concordância com a afirmação, o que sugere que esse grupo possui compreensão acerca dos processos envolvidos nas reações químicas, incluindo os conceitos de reagentes e produtos. Por outro lado, 50% dos alunos apresentaram dificuldades ou incertezas quanto a esse conhecimento, sendo que 34,4% discordaram da afirmação, o que indica falta de compreensão, e 15,6% expressaram dúvidas sobre o conteúdo abordado. Esse tipo de aprendizado pode ser favorecido por meio de atividades práticas, que auxiliam na construção do conhecimento e na aplicação dos conceitos.

Por fim, a análise da questão 6 (Q6) revelou que, entre os alunos participantes do questionário de subsunçores, 56,3% indicaram concordância com a afirmação sobre a classificação das reações químicas, sugerindo que esses estudantes compreendem adequadamente o tema abordado no item. Em contraste, os dados do gráfico indicam que 15,6% dos alunos discordaram da afirmação, enquanto 28,1% expressaram dúvidas sobre o conteúdo. Isso implica que 43,7% dos alunos não possuem total compreensão ou apresentam incertezas quanto à classificação das reações químicas, especialmente no que diz respeito à organização dos reagentes e à formação dos produtos após a reação.

V.4. Reflexões sobre as atividades investigativas por meio da experimentação

A atividade descrita nesta subseção apresentou uma excelente aceitação por parte dos estudantes, evidenciada pela motivação demonstrada durante a preparação dos materiais e

pelo interesse em explorar as hipóteses propostas nos encontros e debates realizados entre estudantes e professor. As falas registradas permitiram inferir que havia um elevado nível de curiosidade por parte dos participantes em relação à análise dos resultados práticos da atividade, conforme demonstram os seguintes registros:

E1: Será que essa panela de pressão não vai explodir durante o aquecimento do caldo-de-cana fermentado? E2: Eu não acredito que vai sair álcool de dentro dessa panela. E3: Olha, já vi isso em vídeos na internet, um cara estava fazendo álcool caseiro com as mesmas coisas que o professor está usando. E4: Quero é testar se esse álcool vai pegar fogo mesmo? E5: Professor, esse álcool serve para usar em um carro? E6: Podíamos ter um equipamento desses de laboratório para fazer álcool de verdade e testar em um carro dos professores. E7: Vamos pedir o diretor da escola para comprar um destilador desses profissionais. E8: Se der certo vou fazer um desses em casa para fazer combustível etanol e vender pra ficar rico. E9: Qual a temperatura esse fogão elétrico pode chegar? E10: Acho que esse álcool não é puro, não parece muito limpo igual os que vende no mercado. E11: Professor, o álcool sai líquido porque resfria quando passa pela serpentina e que tá em contato com a água gelada e o gelo no condensador? E12: Como esse álcool foi produzido? Colocamos caldo-de-cana e fermento de padaria e sai álcool da panela?

As falas registradas evidenciam uma interação significativa entre os estudantes durante a aula experimental, caracterizada por questionamentos e reflexões que indicam curiosidade, engajamento e a formulação de hipóteses relacionadas ao processo de destilação e à produção de etanol. Observamos a manifestação de diferentes níveis de compreensão científica, abrangendo desde dúvidas de natureza prática até observações fundamentadas em princípios teóricos.

Com uma análise mais detalhada podemos revelar que a pergunta do estudante E1 reflete curiosidade e atenção às questões de segurança durante a aula. A indagação sobre o risco de explosão destaca a preocupação com as condições do experimento, evidenciando um estágio inicial de pensamento crítico.

Já o E2 e E4 demonstra certo ceticismo quanto aos resultados e a expectativa de testar o produto final que refletem o interesse dos estudantes em verificar, na prática, o que foi proposto teoricamente durante as aulas em sala e pelos vídeos que assistimos.

Observamos, também, a menção a vídeos da internet, referências de conhecimentos prévios de E3, que ele está relacionando o experimento às experiências externas, contendo conhecimento informal ao ambiente escolar.

As questões relacionadas à aplicabilidade e às sugestões apresentadas pelos estudantes E5, E6 e E7 indicam que há um interesse em explorar o uso do álcool em veículos e a aquisição de equipamentos de laboratório pela escola para produzir etanol combustível durante as aulas experimentais. Esse aspecto evidencia a busca por aplicações práticas e pela ampliação do experimento para contextos mais amplos e práticos no dia a dia.

A ideia de produzir álcool por E8 mostra a iniciativa empreendedora para fins comerciais que reflete o pensamento criativo, ainda que despretenso, sugerindo o interesse em extrapolar o aprendizado para situações do cotidiano.

A exploração técnica pode ser observada nas falas de E9 e E10 sobre as dúvidas da temperatura do fogão e a observação da pureza do álcool que revelam preocupações com detalhes técnicos do processo, indicando o desejo de compreender os fatores que podem influenciar o resultado do experimento.

A compreensão científica de E11 e E12 sobre as perguntas relacionadas ao funcionamento do condensador e ao processo de fermentação e destilação demonstram um avanço no entendimento teórico dos fenômenos físicos envolvidos, evidenciando o impacto educativo da atividade de experimentação.

As falas refletem um ambiente de aprendizagem investigativa, no qual os estudantes se envolvem ativamente no processo de construção do conhecimento. As questões levantadas indicam não apenas curiosidade, mas também a busca por entender, relacionar e aplicar o aprendizado, destacando a eficácia do ensino baseado na experimentação e na contextualização prática.

A análise dos registros das falas dos estudantes mostra que eles participaram ativamente, formularam hipóteses, realizaram afirmações e estabeleceram comparações com situações previamente observadas ou vivenciadas em suas experiências. As hipóteses levantadas mostram-se passíveis de verificação em ambiente de laboratório, utilizando materiais acessíveis e de baixo custo, possibilitando sua validação por meio da experimentação.

Nesse contexto, acreditamos que a atividade investigativa, quando fundamentada nos princípios da aprendizagem significativa, configura-se como uma estratégia docente eficaz para abordar os conteúdos e promover uma aprendizagem significativa como proposta por Moreira (2023, p. 143) que afirma:

[...] uma das condições para a ocorrência da aprendizagem significativa, portanto, é que o material a ser aprendido seja relacionável à estrutura cognitiva do aprendiz de maneira não arbitrária e não literal. Um material com essa característica é dito potencialmente significativo (MOREIRA, 2023, p. 142-143).

Observamos que o ensino pautado na investigação, aliado à experimentação com materiais de baixo custo (figura 3), apresenta-se como uma alternativa valiosa ao modelo tradicional amplamente utilizado em salas de aula atualmente.

Não buscamos, contudo, substituir o ensino tradicional, mas integrá-lo a abordagens complementares que favoreçam a aprendizagem, colocando o estudante no centro do processo educativo. Essa perspectiva visa promover o protagonismo do estudante em sua formação escolar, incentivando sua participação ativa e reflexiva no desenvolvimento do conhecimento.



Figura 3: Material utilizado para montagem do destilador simples.

V.5. Reflexões acerca da partição do 13º Circuito de Ciências das Escolas Públicas do Distrito Federal

Durante o desenvolvimento das atividades de investigação surgiu a oportunidade de participar do XIII Circuito de Ciências das Escolas Públicas do Distrito Federal Etapa Regional (figura 4). O circuito de ciências tem por objetivo fomentar a produção e a difusão de conhecimento científico, suas tecnologias e a inovação na rede pública de ensino do Distrito Federal (SEEDF, 2024).



Figura 4: Apresentação de pôster, diário de bordo e a atividade prática durante o Circuito de Ciências das Escolas Públicas do Distrito Federal na Etapa Regional.

Considerando essa perspectiva, propomos que os estudantes produzissem os materiais obrigatórios para a inscrição e participação do evento de divulgação científica promovido pela Secretaria de Estado de Educação do Distrito Federal.

Durante o desenvolvimento das atividades investigativas, os estudantes montaram o destilador simples com o uso dos materiais de baixo custo, diário de bordo e um banner para a apresentação dos resultados obtidos com as atividades experimentais. Observamos que os estudantes que participaram das atividades de divulgação no Circuito de Ciências (figura 5) demonstraram compromisso necessário com as atividades práticas e teóricas, inclusive propondo e resolvendo problemas que enfrentávamos durante a preparação dos materiais que foram submetidos à avaliação. Observamos que, ao participar de eventos de divulgação científica, os estudantes conseguem se apropriar de maneira mais significativa dos conceitos desenvolvidos, sendo capazes de representar, com exemplos, todos os processos da síntese de etanol a partir da fermentação alcoólica da sacarose extraída da cana-de-açúcar.



Figura 5: Apresentação de pôster, diário de bordo e a atividade prática durante o Circuito de Ciências das Escolas Públicas do Distrito Federal na Etapa Regional.

Essa compreensão sistemática pode ser evidenciada por meio da transcrição da fala de um dos estudantes, o qual, ao explicar a atividade experimental e seus respectivos objetivos a um interlocutor visitante, revela clareza e domínio sobre o tema abordado:

E1. [...] olá, bom dia. Gostaria de saber sobre o nosso trabalho? [...] P1. Sim, gostaria. Então, esse trabalho tem por objetivo investigar os processos que envolvem a síntese de etanol, usando materiais de baixo custo, materiais que temos em nossas casas ou no laboratório da escola. Para construção do aparelho de destilação, usamos uma panela de pressão, um fogão elétrico, uma mangueira de PVC transparente, uma serpentina feita com tudo de cobre e uma vasilha de alumínio, [...] como o Senhor pode ver, [...] uma abraçadeira de aço, um suporte universal e um béquer para coletar o álcool depois de aquecido dentro da panela de pressão [...], o álcool não é puro, mas tem bastante característica com os produtos que compramos, veja [...]. Esse aparelho todo, montado com esses materiais, chamamos de destilador simples, é tudo com materiais de baixo custo [...].

Podemos observar que na transcrição da fala da estudante fica evidente a interação entre ela e o interlocutor que demonstra interesse pelo trabalho desenvolvido. Embora a linguagem utilizada apresente características informais, percebemos uma compreensão clara da atividade experimental e de seus objetivos.

A estudante descreve com precisão os materiais empregados e a função específica de cada um. Além disso, o texto destaca a preocupação em explorar o reaproveitamento de materiais acessíveis no cotidiano e no ambiente escolar, como utensílios de cozinha e equipamentos básicos de laboratório, ressaltando a criatividade e a viabilidade da abordagem adotada.

Fazer esses recortes não é algo trivial, é preciso interpretar e saber identificar quais informações são relevantes para dialogar com o trabalho em questão. As atividades investigativas promovem uma relação aberta entre professor e aprendiz, logo é preciso analisar cada uma das falas dos estudantes durante as atividades, pois é através desse método que podemos, enquanto professor, mediar o conhecimento de forma não arbitrária e substantiva (MOREIRA, 2023 p. 142).

Durante a apresentação do trabalho foi possível perceber que a estudante também explica os processos envolvidos na síntese de etanol, deixando claro cada uma das etapas observadas em laboratório:

E1. [...] antes de aquecer o fermentado, é preciso prepará-lo com adição de fermento biológico contendo leveduras da espécie *Saccharomyces cerevisiae*. [...] compramos o caldo-de-cana no comércio local, adicionamos as leveduras a temperatura entre 36 °C e 38 °C graus, depois esperamos por cerca de 72h o processo de fermentação, daí colocamos o fermentado para aquecer e separar o álcool produzido durante a fermentação alcoólica. O aquecimento não pode ultrapassar mais de 80 °C, porque pode passar outras substâncias além do álcool que tem ponto de ebulição entre 76 °C e 78 °C graus. Para se obter um álcool mais puro é preciso usar equipamentos profissionais e controlar bem a temperatura do sistema de destilação alcoólica. [...] muito obrigado pela sua atenção.

Durante a participação no circuito de ciências das escolas públicas do Distrito Federal, surgiu a oportunidade de participar da 1ª Mostra de Educação em Tempo Integral (figura 6), realizada no auditório do DNIT, em Brasília.

Esse evento teve como objetivo promover a apresentação de projetos desenvolvidos por estudantes, em colaboração com seus orientadores, a um público bem diversificado. A Mostra reuniu estudantes da Rede Pública de Ensino do Distrito Federal, destacando iniciativas educacionais e incentivando a troca de experiências entre os participantes.

Durante o evento, diversos projetos foram apresentados, despertando o interesse do público. Entre eles, nosso trabalho relacionado à síntese de etanol atraiu grande curiosidade do público presente, especialmente, devido à sua relevância e ampla discussão na mídia tradicional como, por exemplo, notícias na TV, Rádio, Revistas e Jornais de grande circulação.



Figura 6: Apresentação de pôster durante a 1 Mostra de Educação em Tempo Integral realizada no DNIT.

A demonstração prática busca promover um aprofundamento na compreensão das etapas relacionadas à síntese de etanol, destacando suas implicações interdisciplinares (figura 7). Trata-se de um tema de significativa relevância, considerando seus impactos científicos, tecnológicos e ambientais, especialmente quando associado ao uso de fontes renováveis de energia (BRAIBANTE et al., 2013).



Figura 7: Apresentação em grupo dos processos que envolvem a síntese de etanol a partir da fermentação alcoólica da sacarose.

Antes da participação nos eventos de divulgação e socialização de experiências, propomos apresentações das atividades de experimentação realizadas no laboratório da escola

pelos estudantes e em grupos. Os grupos foram organizados de forma autônoma, a fim de evitar conflitos entre os participantes e garantir a inclusão de todos. Cada grupo foi formado por, no mínimo, 04 e, no máximo, 06 integrantes. Essa atividade de demonstração das etapas que envolvem a síntese de etanol e dos materiais utilizados foi amplamente aceita pelos estudantes, que participaram de maneira satisfatória.

VI. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este relato de experiência possui caráter predominantemente qualitativo e descritivo. Coletamos os dados por meio da aplicação de questionários, sequência de atividades investigativas, produção de banner e diário de bordo com a participação dos estudantes em circuitos de ciências e observação direta realizada pelo professor na condição de observador participante.

Adicionalmente, as aulas teóricas e práticas foram documentadas por meio de fotografias, filmagens e registro das falas dos alunos. A análise dos dados foi conduzida com base na técnica de análise de conteúdo (BARDIN, 2011), sendo as informações categorizadas à luz dos objetivos de aprendizagem estabelecidos pela BNCC (2018) e pelo CMDF (2018).

Embora uma parcela dos alunos tenha demonstrado dificuldades na elaboração de respostas, na explicação dos fenômenos observados e no entendimento dos processos envolvidos na síntese de etanol, muitos conseguiram estabelecer relações importantes entre os conteúdos das áreas de Biologia, Química e Física com os processos que envolvem à produção de álcool.

Contudo, não registramos relatos dos alunos sobre a agricultura da cana-de-açúcar com evidências de um contexto histórico relacionado à produção dessa matéria-prima, especialmente no que diz respeito ao uso da mão de obra oriunda do trabalho escravo. Essas mesmas observações podem ser encontradas nos trabalhos de Braibante et al. (2013).

O questionário que utilizamos para identificar os subsunçores revelou-se como uma ferramenta eficiente para compreender o público-alvo da pesquisa. A obtenção de dados sobre os conhecimentos prévios dos alunos foi essencial antes do início de qualquer atividade ou da introdução de novos conteúdos. Com as informações coletadas por meio do questionário, foi possível elaborar estratégias, planejar atividades, bem como selecionar e propor objetivos de aprendizagem alinhados às fragilidades e potencialidades identificadas entre os alunos.

Durante a participação do Circuito de Ciências das Escolas Públicas do Distrito Federal e da 11ª Mostra de Educação em Tempo Integral observamos que os alunos, a cada apresentação, aprimoravam as habilidades de comunicação dos resultados das atividades investigativas usando de forma perceptível a linguagem científica.

A participação desse evento mostrou-se essencial para a conclusão da atividade proposta, considerando que as etapas de uma atividade investigativa devem culminar na apresentação e divulgação dos resultados encontrados.

Os relatos que registramos evidenciam que a abordagem interdisciplinar contribui de forma significativa para a ancoragem e o reforço de conceitos relacionados às etapas da síntese de etanol. Entre os conceitos trabalhados, destacamos: (a) a fermentação alcoólica; (b) mudanças de estado físico da matéria; (c) propriedades gerais e específicas da matéria; (d) reações químicas e seus tipos; (e) separação de misturas homogêneas e (f) heterogêneas;

(g) biotecnologia e sociedade; (h) energia renovável e não renovável; (i) biocombustíveis e combustíveis fósseis; (j) efeito estufa e os gases de efeito estufa; (k) combustão e liberação de poluentes na atmosfera.

A abordagem investigativa com atividades práticas de investigação mostrou-se particularmente eficaz nas etapas que compreendem a colheita da cana-de-açúcar até os processos envolvidos na produção do etanol pela indústria alcooleira. Ademais, observamos que os alunos classificaram a atividade investigativa por meio da experimentação como uma prática facilitadora da aprendizagem como, por exemplo, podemos citar o depoimento de uma estudante de 16 anos do 2º ano, turma A:

[...] professor, essas atividades práticas deveriam ser obrigatórias para todos os professores que ensinam Química, Física e Biologia. Essa atividade foi muito boa, eu consegui aprender vários temas sobre a síntese de etanol. A fermentação é muito interessante, mais ainda, a separação e a produção do álcool quando aquecemos o caldo fermentado pelas leveduras, os fungos, né? [...] A questão da condensação também é bem interessante, porque o caldo fermentado depois de fervido na panela sai frio, isso quando ele passa pela serpentina de metal de cobre em contato com o gelo e a água fria. [...] precisamos fazer mais experiências assim [...].

A análise desse depoimento corrobora com as ideias discutidas por Silva et al. (2011), Monteiro et al. (2019) e Nicola e Paniz (2016), que afirmam sobre o ensino de ciências por meio da experimentação é reconhecida como ferramenta facilitadora da aprendizagem no ensino de ciências, porque favorece a articulação entre prática e teoria (SILVA et al., 2011).

Dessa forma, acreditamos que a utilização de recursos didáticos diferenciados nas aulas de Ciências da Natureza possa resultar em uma compreensão mais significativa dos conteúdos abordados. A qualidade do estímulo com esse tipo de metodologia estimula o senso crítico e a participação ativa dos alunos durante as aulas. Consequentemente, o professor além de tornar suas aulas mais dinâmicas, poderá despertar o interesse dos alunos para os temas que envolvem cada vez mais o dia a dia e o conhecimento científico (NICOLA e PANIZ, 2016).

Podemos afirmar que as atividades investigativas, enquanto metodologia ativa de aprendizagem, aliadas à aprendizagem significativa, constituem uma ferramenta didático-pedagógica relevante para a implementação do ensino de ciências por meio da investigação. Essa combinação é de grande importância, pois deve ser considerada para que outros professores possam utilizar dessa prática, com o objetivo de promover uma melhor assimilação do conhecimento científico pelos estudantes do novo Ensino Médio, especialmente em um contexto de pós-pandemia com as aulas sendo de forma presencial e obrigatória.

Destacamos, inclusive, que uma aula experimental, ao empregar diferentes ferramentas pedagógicas e técnicas inovadoras, juntamente com materiais de baixo custo, configura-se como um marco entre uma abordagem exclusivamente expositiva e uma prática que adota metodologias ativas, promovendo, de forma integradora, o interesse dos alunos pelos conteúdos abordados.

Além disso, foi exigido dos alunos a produção de um banner (ver anexo) e de um diário de bordo (ver anexo), materiais necessários para nossa participação no 13º Circuito de Ciências das Escolas Públicas do Distrito Federal e na 1ª Mostra de Educação em Tempo Integral. A elaboração desses materiais proporcionou aos alunos a compreensão de que

"fazer ciência" pode ser uma experiência divertida, porém trabalhosa e detalhista, exigindo comprometimento e responsabilidade dos alunos.

VII. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A experiência relatada apresenta evidências da eficácia das atividades investigativas por meio da experimentação como metodologia ativa no que tange ao ensino de Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Observamos que essa abordagem tem potencial para promover a articulação entre os conhecimentos teóricos e práticos, contribuindo de maneira relevante para a construção de uma aprendizagem ativa, significativa e crítica com protagonismo dos estudantes.

A abordagem interdisciplinar, aliada ao uso de ferramentas pedagógicas diferenciadas, como a experimentação e a produção de materiais de divulgação do conhecimento, revelou potencial para estimular o senso crítico e promover a comunicação científica, evidenciado pelo engajamento dos estudantes no processo de aprendizagem, contribuindo para a alfabetização e letramento científico.

Os resultados obtidos e analisados destacam a relevância de metodologias inovadoras no contexto do novo Ensino Médio com aulas presenciais, particularmente no período pós-pandemia. A análise dos dados reafirma a necessidade de práticas pedagógicas que tornem o ensino mais dinâmico, contextualizado, interdisciplinar e compatível com as exigências da educação contemporânea.

REFERÊNCIAS

BARDIN, Laurence. *Análise de conteúdo*. Edição Revisada e Atualizada. Tradução de Luís Antero Reto e Augusto Pinheiro. São Paulo: Edições 70 LDA. Impressão: Edições LOYOLA, 2011.

BARDIN, Laurence. *Análise de conteúdo*. Edição Revisada e Atualizada. Tradução de Luís Antero Reto e Augusto Pinheiro. São Paulo: Edições 70 LDA. Impressão: Edições LOYOLA, 2011.

BRAIBANTE, Mara. E. F. et. al., *Cana-de-Açúcar no Brasil sob um olhar químico e histórico*. Química na Nova Escola, Volume 35, n. 1, p. 3-10, fevereiro de 2013.

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasil, 2018. Disponível em: <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>>. Acesso em: 08 de dez. de 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. Resolução n. 466, de 12 de dezembro de 2012. Brasil, 2012. Ministério da Saúde. Conselho Nacional de Saúde. In: Disponível em: <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/cns/2013/res0466_12_12_2012.html>. Acesso em: 06 de dez. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. Resolução n. 510, de 7 de abril de 2016. Brasil, 2016. In: Ministério da Saúde. Conselho Nacional de Saúde. Disponível em: <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/cns/2016/res0510_07_04_2016.html>. Acesso em: 06 de dez. de 2024.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de et al. Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula. São Paulo, SP: Cengage Learning, 2022.

ESTÉVÃO, A. C.; SILVA, L. R. O uso da biblioteca escolar como parte integrante das metodologias ativas no processo de ensino e aprendizagem: panorama nacional. Encontro Bibli. Informação e inclusão: avanços e desafios na era da Ciência Aberta. Florianópolis SC., v. 29. p. 01-22, 2023.

FEITOSA. M. A. A.; MEDEIROS, G. F. V.; CAVALCANTE, M. C. A. Educação científica na era da pós-verdade: a fragilidade dos conhecimentos biológicos. Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática. v. 5, n. 1, 2021.

GALIAZZI, M. C.; MORAES, R. Educação pela pesquisa como modo, tempo e espaço de qualificação da formação de professores de ciências. Revista Ciência e Educação, v. 8, n. 2, p. 237-252, 2002.

GALIAZZI, M. C.; GONÇALVES, F. P. A natureza pedagógica da experimentação: uma pesquisa na Licenciatura em Química. Química Nova, São Paulo, v. 27, n. 2, p. 326-331, 2004.

GROSS, A.; VILAÇA, D. M. S. G.; CHING, H. Y. VASCONCELLOS, L.; LUCCHESI, L.; CUNHA, M. L. da R. Gestão da Aprendizagem: casos práticos. 1ª edição. São Paulo, SP: editora Atlas, 2020.

JUNIOR, C. A. O. M.; BATISTA, M. C. (Org.) Metodologia da Pesquisa em educação e ensino de ciências. 2ª edição. Ponta Grossa, PR: editora Atena, 2023.

LUCHESE, B. M.; LARA, E. M. de O.; SANTOS, M. A. Guia prático de introdução às metodologias ativas de aprendizagem (recurso eletrônico). Campo Grande, MS: Editora UFMS, 2022.

LÜCK, Heloisa. Pedagogia da Interdisciplinaridade. Fundamentos teóricos-metodológicos. 18ª edição. Petrópolis: Vozes, 2013.

MARQUES, H. R.; CAMPOS, A. C.; ANDRADE, D. M.; ZAMBALDE, A. L. Inovação no ensino: uma revisão sistemática das metodologias ativas de ensino-aprendizagem. Avaliação, Campinas; Sorocaba, SP, v. 26, n. 03, p. 718-741, nov. 2021.

MARTINS, J. P. DE A.; SCHNETZLER, R. P. Formação de professores em educação ambiental crítica centrada na investigação-ação e na parceria colaborativa. Ciência & Educação, SP, Bauru, v. 24, n. 3, p. 581-598, jul. 2018. de 2024.

MONTEIRO, P. C.; RODRIGUES, M. A.; FILHO, O. S.; BATISTA, M. C. Ácidos e bases no cotidiano: uma proposta de experimento investigativo para o ensino médio. Instituto Federal de Mato Grosso - Campus Confresa Revista Prática Docente. v. 4, n. 1, p. 227-241, jan./jun., 2019.

MONTEIRO, P. C.; RODRIGUES, M. A.; FILHO, O. S.; BATISTA, M. C. Percepção de licenciandos sobre o papel da experimentação no ensino de química. Revista Brasileira de Educação em Ciências e Educação Matemática. v. 5, n. 1, p. 7288, 2021.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa em mapas conceituais. Texto elaborado a partir da conferência Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa proferida no I Workshop sobre Mapeamento Conceitual, realizado em São Paulo, Brasil, na USP/Leste, dias 25 e 26 de março de 2013. Publicado na série Textos de Apoio ao Professor de Física, PPGEFis/IFUFRGS, v. 24, n. 6, 2013.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem Significativa: a teoria e textos complementares. São Paulo SP: Editora & Livraria da Física, 2011.

MOREIRA, M. A. O quê é afinal aprendizagem significativa? Aula Inaugural do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais, Instituto de Física, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, MT, 23 de abril de 2010. Aceito para publicação, Curriculum, La Laguna, Espanha, 2012.

MOREIRA, M. A. Teorias de Aprendizagem. 3ª edição, ampliada e reimpressa. Rio de Janeiro, RJ: Editora LTC, 2023.

MOREIRA, M. A. Teorias de Aprendizagem. São Paulo, SP: Editora Pedagógica e Universitária (EPU), 1999.

NICOLA, J. A.; PANIZ, C. M. A importância da utilização de diferentes recursos didáticos no Ensino de Ciências e Biologia. InFor, v. 2, n. 1, p. 355381, 2016.

RIBEIRO, L. R. C. A aprendizagem baseada em problemas (PBL): uma implementação na educação em engenharia na voz dos atores. Tese (Doutorado em Educação) Centro de Educação e Ciências Humanas, Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, SP, p. 149. 2005.

SECRETARIA DE ESTADO DE EDUCAÇÃO DO DISTRITO FEDERAL (SEE/DF). Currículo em Movimento do Novo Ensino Médio. Brasília-DF, 2018. Disponível em: <<https://www.educacao.df.gov.br/wpconteudo/uploads/2019/08/CurriculoemMovimento-do-Novo-Ensino-Medio-V4.pdf>>. Acesso em: 02 de jun. 2024.

SILVA, R. R.; MACHADO, P. F.L; TUNES, E. Experimentar sem medo de errar. In: Santos,

W. L. P. e Maldaner, O. A. (Org.) Ensino de Química em Foco. Ijuí, RS. Editora Unijuí, 2011, p. 231-262.

SOUZA, S. E. O uso de recursos didáticos no ensino escolar. I Encontro de Pesquisa em Educação, IV Jornada de Práticas de Ensino, XIII Semana de Pedagogia da UEM: "Infância e Práticas Educativas". Maringá, PR. Arq. Mundi., 2007.

TOMAZELLO, C. M. G.; SCHIEL, D. O livro da experimentoteca: educação para ciências na natureza de práticas experimentais. (Org.) Maria Guiomar Carneiro Tomazello e Dietrich Schiel. Piracicaba, SP., Apoio Vitae/UNIMEP, Editora USP, 2000.

ZÔMPERO, A. de F.; ANDRADE, M. A. B. S.; MASTELARI, T. B.; VAGULA, E. Ensino por investigação e aproximações com a aprendizagem baseada em problemas. Debates em Educação. v. 11, n. 25, p. 222239, 2019.

ZÔMPERO, A. de F.; LABURÚ, E. C. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. Revista Ensaio. Belo Horizonte, MG. v. 13, n. 3, p. 67-80, set./dez., 2011.
