

EFEITO ESTUFA NO ENSINO DE CIÊNCIAS: INVESTIGAÇÃO E APRENDIZAGEM PARA A FORMAÇÃO CIDADÃ

Danielle Morais de Oliveira¹
Mônica Regina Silva de Araújo²

RESUMO

A educação científica desempenha um papel fundamental na formação de cidadãos conscientes e preparados para enfrentar os desafios ambientais do século XXI. Sendo assim, este estudo investiga o ensino do efeito estufa nas aulas de Ciências do Ensino Fundamental, utilizando atividades investigativas e experimentais para desenvolver a consciência crítica dos alunos acerca dos impactos ambientais. A pesquisa foi realizada com estudantes de uma escola no distrito de Jordão, Sobral-CE, seguindo uma metodologia de pesquisa-ação e criando uma sequência didática em três etapas: diagnóstico inicial, organização do conhecimento e avaliação da proposta. O diagnóstico inicial mostrou concepções incorretas dos alunos sobre o efeito estufa, evidenciando a necessidade de tratar essas ideias por meio de práticas investigativas. Durante a atividade investigativa, os alunos colaboraram na construção de uma "caixa de estufa", na qual representava a atmosfera terrestre, enquanto o papel alumínio, o plástico filme e os copos com água demonstravam como os gases de efeito estufa retêm a radiação infravermelha emitida pela superfície terrestre, aumentando a temperatura no interior da caixa. e conduziram um experimento prático, que possibilitou a observação concreta das características do aquecimento solar. A abordagem investigativa envolveu a formulação de hipóteses pelos alunos sobre o comportamento dos copos dentro da caixa de estufa, a observação atenta dos resultados obtidos durante o experimento, e discussões conduzidas pela professora sobre o papel dos gases de efeito estufa, assim como as ações humanas que intensificam o aquecimento global, como a queima de combustíveis fósseis e o desmatamento. Ao final do processo, um questionário aplicado demonstrou que a maioria dos alunos teve um avanço conceitual significativo, entendendo os conceitos envolvidos e refletindo criticamente sobre práticas sustentáveis para reduzir os impactos do efeito estufa. Os resultados sugerem que as atividades investigativas no ensino de Ciências contribuíram para uma aprendizagem, facilitando não apenas a compreensão dos conteúdos científicos, mas também fomentando uma atitude crítica e engajada diante dos desafios ambientais atuais. O estudo enfatiza a importância de uma educação que vá além da simples acumulação de informações, preparando os alunos para agirem conscientemente e com responsabilidade na sociedade.

Palavras-chave: Efeito estufa. Ensino de Ciências. Atividade investigativa. Aprendizagem significativa.

¹ Licenciada em Química pela Universidade Estadual do Vale do Acaraú (UVA), e-mail: danielle.oliveira@edu.sobral.ce.gov.br

² Doutora em Química Orgânica pela Universidade Federal do Ceará (UFC), e-mail: monicarsilva@unilab.edu.br.

INTRODUÇÃO

A importância da preocupação ambiental, os problemas relacionados, dentre eles o efeito da estufa, é cada vez mais relevante no cenário atual, onde o impacto das ações humanas sobre o meio ambiente se torna evidente e alarmante. O efeito estufa é um fenômeno natural essencial para a manutenção da vida na Terra, pois garante uma temperatura média adequada para a sobrevivência dos seres vivos. No entanto, as atividades humanas, como a queima de combustíveis fósseis e o desmatamento, têm intensificado esse efeito, resultando em um aumento preocupante das temperaturas globais, o que leva ao aquecimento global e às mudanças climáticas. A discussão sobre esse tema é, portanto, de extrema importância para a formação cidadã dos estudantes, uma vez que os prepara para compreender e enfrentar os desafios ambientais do presente e do futuro.

A escolha deste tema justifica-se pela necessidade urgente de educar as novas gerações sobre os impactos das atividades humanas no clima global. Além disso, visa desenvolver nos alunos uma consciência crítica e reflexiva acerca de seu papel na preservação ambiental. Conforme Cachapuz *et al.*, (2005, p. 112), uma proposta construtivista no ensino de Ciências deve promover “a participação ativa dos estudantes na construção do conhecimento e não a simples reconstrução pessoal do conhecimento previamente adquirido, através do professor ou do livro didático”. Nesse sentido, o estudo do efeito estufa em sala de aula deve ir além da simples transmissão de informações, engajando os estudantes em atividades investigativas e experimentais que lhes permitam compreender os processos subjacentes ao fenômeno e seus impactos.

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e o Documento Curricular Referencial do Ceará (DCRC) reforçam a importância de desenvolver habilidades e competências voltadas à compreensão dos processos naturais e da intervenção humana no meio ambiente. Segundo a BNCC, no componente curricular de Ciências para o Ensino Fundamental, espera-se que os alunos sejam capazes de "analisar as interações entre os elementos do meio ambiente e os impactos das ações humanas, compreendendo os processos naturais e as intervenções humanas na dinâmica da Terra" (Brasil, 2017). Além disso, o DCRC (Ceará, 2019) estabelece que os estudantes devem desenvolver competências relacionadas à "capacidade de argumentar com base em evidências e refletir sobre a responsabilidade individual e coletiva na preservação ambiental".

Dessa forma, a presente pesquisa busca problematizar a abordagem tradicional do ensino do efeito estufa, questionando como as concepções alternativas dos estudantes que podem ser levadas em consideração na construção de uma aprendizagem significativa. Conforme Silva e Costa (2019) apontam, a experimentação investigativa deve ser empregada como um recurso didático anterior à discussão conceitual, promovendo a realização de pequenas pesquisas orientadas pelo professor. Eles afirmam que essa metodologia combina simultaneamente conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais, permitindo que os alunos sejam colocados em situações que estimulam a realização de pesquisas e a formulação de hipóteses. Entretanto, essa investigação deve ser contextualizada, partindo dos conhecimentos prévios dos alunos e conduzindo a experimentos significativos para a aprendizagem.

A questão-problema que norteia este estudo é: Como o ensino do efeito estufa, através de atividades investigativas e experimentais, pode contribuir para a formação de uma consciência crítica nos estudantes em relação aos impactos ambientais? Para responder a essa questão, a pesquisa tem como objetivo geral propor uma sequência didática que promova a compreensão do efeito estufa e seus impactos no contexto das mudanças climáticas, por meio de práticas investigativas e experimentais. Para atingir esse objetivo, será necessário, em primeiro lugar, identificar as concepções alternativas dos estudantes em relação ao efeito estufa. Em seguida, pretende-se desenvolver e aplicar atividades didáticas que permitam aos alunos explorar os fenômenos físicos e químicos relacionados ao efeito estufa de forma prática e investigativa.

O embasamento teórico deste estudo se apoia em autores como Moraes, Ramos e Galiuzzi (2012), que defendem a pesquisa em sala de aula como um movimento dialético, em espiral, que se inicia com o questionamento dos estados do ser, fazer e conhecer dos participantes, construindo-se a partir disso novos argumentos que possibilitam atingir novos patamares. Segundo eles:

A pesquisa em sala de aula pode ser compreendida como um movimento dialético, em espiral, que se inicia com o questionar dos estados do ser, fazer e conhecer dos participantes, construindo-se a partir disso novos argumentos que possibilitam atingir novos patamares desse ser, fazer e conhecer, estágios esses então comunicados a todos os participantes do processo. (Moraes, Ramos e Galiuzzi, 2012, p. 12).

Dessa forma, espera-se que esta investigação proporcione uma reflexão acerca do ensino relacionado ao efeito estufa, evidenciando de que maneira uma abordagem fundamentada na pesquisa pode facilitar uma compreensão mais abrangente e significativa desse fenômeno entre os discentes. Ao término, o objetivo é apresentar uma proposta didática que estimule os alunos

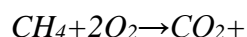
a assumirem uma postura crítica e proativa diante dos desafios ambientais atuais, promovendo, assim, uma educação científica que vai além da simples acumulação de informações e se orienta para a formação de cidadãos conscientes e responsáveis.

REFERENCIAL TEÓRICO

Efeito Estufa e seus Impactos no Contexto das Mudanças Climáticas

O efeito estufa é um fenômeno natural que ocorre devido à presença de gases na atmosfera, como o dióxido de carbono (CO₂), o metano (CH₄) e o vapor d'água (H₂O), que retêm parte da radiação infravermelha emitida pela Terra, mantendo o planeta aquecido. Esse processo é fundamental para a manutenção da vida, pois sem ele a temperatura média da Terra seria muito baixa para a sobrevivência de muitas formas de vida (IPCC, 2014). No entanto, a intensificação desse efeito devido à atividade humana, principalmente pela queima de combustíveis fósseis e o desmatamento, levou a um aumento significativo da concentração desses gases, resultando em um aquecimento global e desencadeando mudanças climáticas na escalada global (Houghton, 2009).

A reação química que exemplifica a contribuição do dióxido de carbono (CO₂) para o efeito estufa pode ser representada pela combustão de combustíveis fósseis. Quando combustíveis como carvão, petróleo ou gás natural são queimados, ocorre a liberação de dióxido de carbono na atmosfera. A reação química da combustão do metano (um dos principais componentes do gás natural) é:



Nesta reação, o metano (CH₄) reage com o oxigênio (O₂), formando dióxido de carbono (CO₂) e vapor d'água (H₂O), que são dois dos principais gases de efeito estufa. Esses gases retêm a radiação infravermelha e contribuem para o aquecimento da atmosfera, intensificando o efeito estufa natural. Esse processo químico ilustra como a queima de combustíveis fósseis tem um papel direto na elevação da temperatura global, o que torna necessário entender e reduzir tais emissões para mitigar os impactos climáticos (Brasil Escola, 2024).

As atividades humanas desde a Revolução Industrial causaram um aumento acentuado na Concentração de Gases de Efeito Estufa (GEE) na atmosfera. Segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2014), a concentração de CO₂ aumentou cerca de 40% desde os tempos pré-industriais, atingindo níveis sem precedentes nos

últimos 800.000 anos. Este incremento levou a um aumento nas temperaturas globais, resultando em consequências como o derretimento de geleiras, a elevação do nível do mar e eventos climáticos extremos, como furacões e ondas de calor (Hansen *et al.*, 2013). Tais mudanças afetaram não apenas os ecossistemas naturais, mas também as sociedades humanas, impondo desafios à segurança alimentar, hídrica e energética.

O aumento do efeito estufa não é apenas uma questão ambiental, mas também socioeconômica. O aquecimento global acentua as desigualdades sociais, uma vez que os países em desenvolvimento e as populações mais vulneráveis são os mais afetados pelas mudanças climáticas (Stern, 2007). Eventos extremos, como secas e inundações, podem comprometer a produção agrícola, afetando a disponibilidade de alimentos e elevando seus preços (Wheeler e von Braun, 2013). Além disso, a elevação do nível do mar ameaça comunidades costeiras e pequenas ilhas, forçando deslocamentos populacionais e aumentando o risco de conflitos por recursos naturais (Adger *et al.*, 2014).

Os impactos das mudanças climáticas são extremamente conhecidos pela comunidade científica. A acidificação dos oceanos, por exemplo, é uma consequência da absorção de CO₂ pela água do mar, o que prejudica a vida marinha, especialmente os organismos calcários, como corais e moluscos (Doney *et al.*, 2009). Esse desequilíbrio no ecossistema marinho pode ter efeitos em cadeia, comprometendo a biodiversidade e a segurança alimentar de comunidades que dependem dos recursos marinhos (Hoegh-Guldberg e Bruno, 2010). Além disso, as mudanças nos padrões de temperatura afetaram a distribuição de espécies, alterando os ecossistemas terrestres e contribuindo para a perda de biodiversidade (Parmesan e Yohe, 2003).

A mitigação dos impactos do efeito estufa e das mudanças climáticas requer ações coordenadas em escala global. Segundo Stern (2007), a estabilização da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera é essencial para limitar os impactos mais severos do aquecimento global. Isso implica na redução significativa das emissões de GEE, o que pode ser alcançado por meio de políticas de transição para uma economia de baixo carbono, incentivando o uso de fontes de energia renováveis e promovendo a eficiência energética (Pacala e Socolow, 2004). Além disso, a preservação e restauração de ecossistemas naturais, como florestas, são fundamentais para a absorção de CO₂, contribuindo para o equilíbrio climático (Lewis *et al.*, 2019).

A adaptação às mudanças climáticas é igualmente importante para reduzir a vulnerabilidade dos sistemas humanos e naturais. As estratégias de adaptação incluem o desenvolvimento de infraestruturas resilientes, a gestão sustentável dos recursos hídricos e a implementação de práticas agrícolas que sejam resistentes às variações climáticas (IPCC, 2014). A educação e a conscientização pública desempenham um papel crucial nesse processo, pois a compreensão dos impactos das mudanças climáticas e a adoção de práticas sustentáveis por parte da sociedade são fundamentais para promover uma convivência mais harmônica com o meio ambiente (Moser e Dilling, 2007).

Em síntese, o efeito estufa e seus impactos no contexto das mudanças climáticas representam um dos maiores desafios da atualidade. O aumento da concentração de gases de efeito estufa devido às atividades humanas tem consequências significativas para os ecossistemas e para a sociedade, exigindo uma ação global urgente. A mitigação e a adaptação às mudanças climáticas são fundamentais para limitar os impactos negativos e promover um desenvolvimento sustentável. Para isso, é necessário um esforço conjunto entre governos, sociedade civil e setor privado, orientado por políticas públicas específicas além de fundamentação científica. Nesse sentido, o ensino por investigação se apresenta como uma estratégia essencial para promover uma aprendizagem significativa, como será discutido a seguir no contexto do efeito estufa.

Ensino por Investigação no Contexto do Efeito Estufa: Promovendo Aprendizagem Significativa em Ciências

Carvalho (2018) enfatiza a importância de um ensino contextualizado com a realidade do aluno, enquanto Moreira (2012) propõe que a aprendizagem significativa ocorre quando novos conhecimentos se relacionam aos conhecimentos prévios dos estudantes. Esses autores se complementam ao destacar que a aprendizagem é mais eficaz quando novos conceitos são assimilados em um contexto significativo para o estudante, valorizando sua experiência e saberes prévios.

Hattie e Donoghue (2016) também discutem a importância do feedback no processo de aprendizagem, afirmando que o envolvimento ativo do aluno, guiado por uma reflexão contínua, promove uma aprendizagem significativa e duradoura. Furtak e Penuel (2019) defendem que as metodologias investigativas em Ciências estimulam o engajamento dos estudantes, incentivando-os a questionar, investigar e construir conhecimento por meio de práticas experimentais.

Krajcik e Shin (2015) argumentam que o ensino por investigação e a aprendizagem baseada em projetos são estratégias essenciais para conectar o conteúdo escolar à vida dos estudantes, promovendo uma aprendizagem contextualizada e significativa. Assim, a integração dessas perspectivas oferece uma base sólida para o desenvolvimento de práticas educativas que priorizam a participação ativa dos alunos e a construção do conhecimento de maneira crítica e reflexiva.

Conforme Freire (1996), argumenta-se que a educação deve constituir um ato de liberdade no qual o aluno atua como agente ativo na construção do conhecimento, não sendo apenas um recipiente passivo. Essa visão reforça a urgência por práticas pedagógicas que estimulem a reflexão crítica e a contextualização dos conteúdos—elementos essenciais para fomentar uma aprendizagem significativa. A metodologia de Ensino por Investigação, conforme apresentada por Carvalho, contrapõe-se ao ensino mecânico. Ela propõe que os alunos sejam estimulados e participem ativamente do processo de ensino-aprendizagem. O papel do professor, nesse contexto, é criar condições para que os estudantes reflitam sobre os conteúdos, resolvam problemas e tomem decisões de forma independente. Como Carvalho (2018) esclarece:

Definimos como ensino por investigação o ensino dos conteúdos programáticos em que o professor cria condições em sua sala de aula para os alunos: pensarem, levando em conta a estrutura do conhecimento; falarem, evidenciando ler seus argumentos e conhecimentos construídos, entendendo criticamente o conteúdo lido, mostrando autoria e esclarecendo as ideias expostas (Carvalho, 2018, p. 766).

Nesta abordagem, o professor deixa de ser um mero transmissor de conhecimento e passa a ser um instigador do pensamento crítico e reflexivo. Ele se torna um mediador, que valoriza o conhecimento prévio dos estudantes e promove a investigação e a exploração de novas ideias. Como reforça Carvalho (2013, p. 2): “[...] não é possível iniciar nenhuma aula, nenhum novo tópico sem procurar saber o que os alunos já conhecem ou como eles entendem as propostas a serem realizadas”. Assim, o Ensino por Investigação é fundamentado na busca e construção do conhecimento pelo próprio estudante, mediado por questões-problema que estimulam a curiosidade e o julgamento crítico.

Ao aplicar esta metodologia ao tema "Efeito Estufa" nas aulas de Ciências do 9º ano, procura-se promover uma aprendizagem relevante que permita aos estudantes compreender os mecanismos deste interesse e perceber o seu papel como cidadãos críticos. A escolha desta temática é relevante, dada a urgência das questões relacionadas às mudanças climáticas que afetam o planeta. Nelles e Serrer (2018, p. 124) afirmam que “[...] as emissões humanas de

gases do efeito estufa são os grandes responsáveis pelo aumento na temperatura observada desde o início da industrialização. ” Portanto, é salutar que os estudantes sejam informados e conscientes dos impactos do efeito térmico, do aquecimento global e das mudanças climáticas.

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) também confirma a importância do ensino do efeito estufa no Ensino Fundamental. Ela propõe que este conteúdo seja elaborado de forma integrada ao longo das séries, não se limitando apenas ao 7º ano. A BNCC (Brasil, 2017) enfatiza a necessidade de uma abordagem que estabeleça conexões entre ciência, natureza, tecnologia e sociedade, promovendo a alfabetização científica dos estudantes e capacitando-os a tomar decisões conscientes e responsáveis em relação ao meio ambiente.

Segundo o documento:

[...] à medida que se aproxima a conclusão do Ensino Fundamental, os alunos são capazes de estabelecer relações ainda mais profundas entre a ciência, a natureza, a tecnologia e a sociedade, o que significa lançar mão do conhecimento científico e tecnológico para compreender as especificidades e conhecer o mundo, o ambiente, a dinâmica da natureza (Brasil, 2017).

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) orienta a prática educacional para que se alcance um aprendizado ativo e investigativo, no qual os alunos possam compreender fenômenos naturais e suas relações com as atividades humanas. A BNCC define que, no Ensino Fundamental II, os alunos devem ser capazes de compreender os fenômenos naturais, formular hipóteses e desenvolver práticas de investigação. Nesse sentido, as habilidades específicas do componente de Ciências que foram contempladas durante a atividade prática incluem:

(EF06CI08) "Compreender e explicar os fenômenos naturais, como o efeito estufa, relacionando-os ao impacto das atividades humanas no ambiente" (Brasil, 2018, p. 364).

(EF06CI09) "Formular perguntas e hipóteses sobre fenômenos naturais e tecnológicos, além de desenvolver práticas de investigação que permitam responder a esses questionamentos" (Brasil, 2018, p. 365).

(EF07CI12) "Avaliar atitudes e ações relacionadas ao cuidado com o meio ambiente, refletindo sobre formas de mitigar os impactos causados por atividades humanas" (Brasil, 2018, p. 367).

Essas habilidades foram desenvolvidas ao longo da prática investigativa, especialmente durante a construção da caixa de estufa e o levantamento de hipóteses pelos alunos sobre os efeitos dos materiais usados e os processos envolvidos. A BNCC também reforça a importância

da construção de uma compreensão crítica sobre os fenômenos ambientais e o impacto das atividades humanas, promovendo a consciência ambiental e o senso de responsabilidade social dos estudantes.

Além da BNCC, este trabalho também se apoia nas Diretrizes Nacionais para a Educação Ambiental (2010), que estabelecem que "a educação ambiental deve ser integrada de forma transversal ao currículo escolar, garantindo que temas como sustentabilidade e meio ambiente sejam abordados de maneira contínua e em diversas disciplinas" (MEC, 2010, p. 8). Segundo essas diretrizes, é fundamental que os alunos desenvolvam uma consciência crítica e participativa, compreendendo as relações entre os sistemas naturais e as ações humanas e adquirindo uma visão ampla das questões ambientais.

Logo, autores como Carvalho (2018) e Moreira (2012), juntamente com as diretrizes da BNCC, defendem a adoção de metodologias ativas, como o Ensino por Investigação, no ensino de Ciências. Essa abordagem fornece uma aprendizagem significativa ao priorizar o conhecimento prévio do aluno, relacionando conteúdos ao contexto social, promovendo a investigação e a resolução de problemas, e desenvolvendo a capacidade dos estudantes de se tornarem cidadãos críticos e transformadores em uma sociedade que enfrenta desafios ambientais cada vez mais complexos.

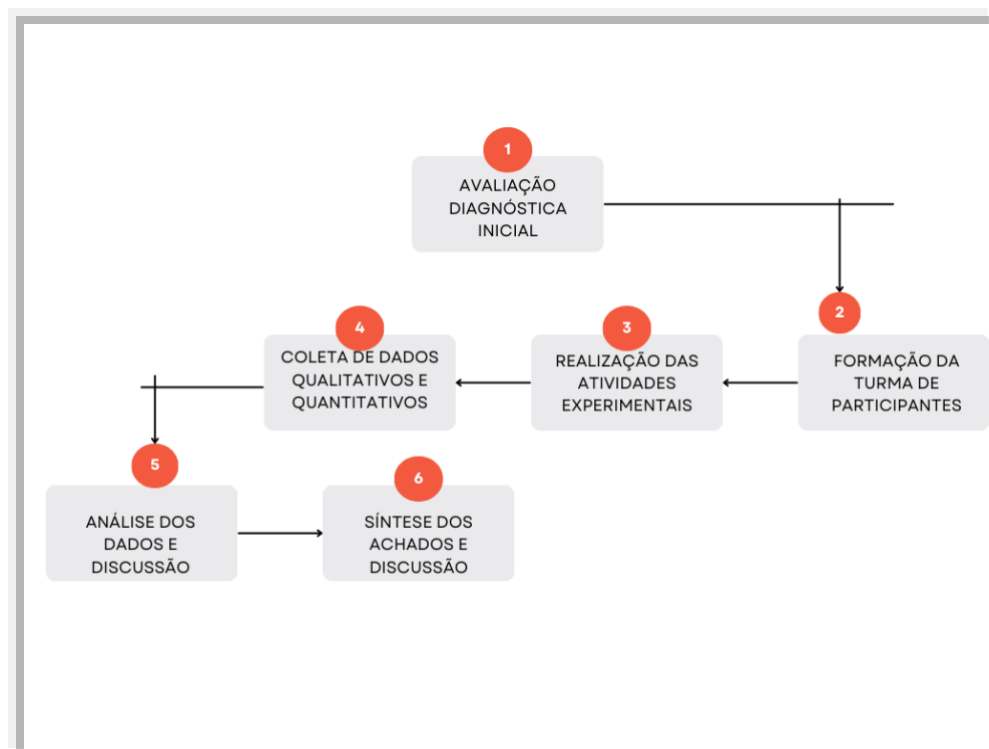
No próximo capítulo, será apresentada a metodologia empregada neste estudo, detalhando como as atividades investigativas e experimentais foram planejadas e aplicadas para engajar os alunos na compreensão do efeito estufa, incentivando a reflexão crítica e o desenvolvimento de habilidades que favorecem a ação cidadã em prol da sustentabilidade.

METODOLOGIA

A metodologia adotada no desenvolvimento desta investigação foi a pesquisa-ação, adotando uma abordagem mista que integrou métodos qualitativos e quantitativos. A coleta de dados ocorreu em outubro de 2024, em uma instituição de ensino situada em Sobral, no estado do Ceará. Participaram da investigação 35 estudantes do Ensino Fundamental II, pertencentes a uma única turma, os quais foram inicialmente submetidos a uma avaliação diagnóstica com o intuito de identificar suas concepções prévias acerca do efeito estufa. Posteriormente, realizaram-se atividades experimentais que abordaram o tema de maneira problematizadora, envolvendo a construção e análise de uma caixa de estufa. Durante a execução dessas atividades, os dados qualitativos foram coletados por meio de observações sistemáticas e

registros das interações dos alunos, enquanto os dados quantitativos foram obtidos através da aplicação de um questionário durante as atividades experimentais. Para facilitar a compreensão da sequência metodológica, recomenda-se a elaboração de um fluxograma que ilustre as etapas da pesquisa, incluindo o diagnóstico inicial, a realização das atividades experimentais e a coleta tanto dos dados qualitativos quanto dos quantitativos. Representada no fluxograma a seguir:

Fluxograma de Metodologia da Pesquisa

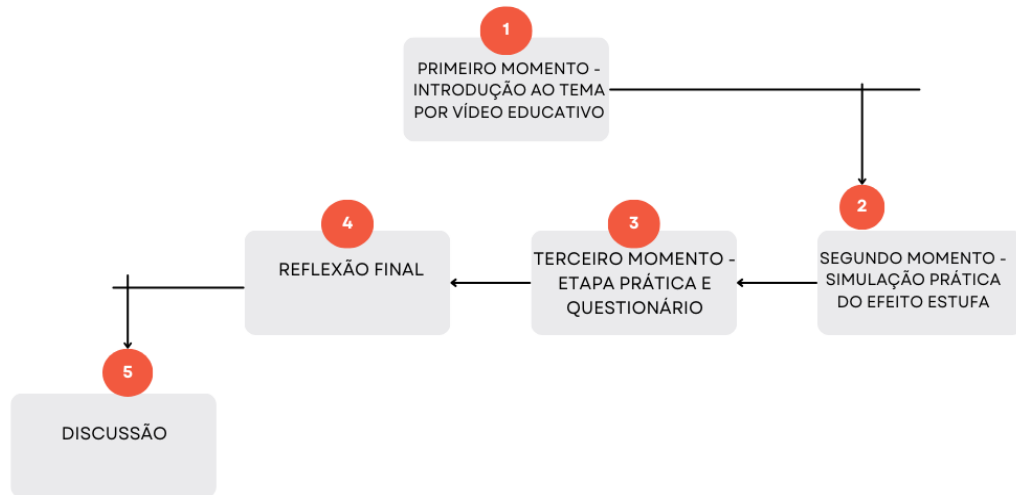


Fonte: autoria própria (2024)

Este estudo adota uma abordagem qualitativa e utiliza a metodologia de pesquisa-ação. Segundo Engel (2000), essa abordagem tem como objetivo diminuir a distância entre teoria e prática, destacando-se por implementar intervenções inovadoras na prática durante todo o processo investigativo.

Realizou-se a atividade em uma turma de 35 alunos com faixa etária entre 11 e 12 anos, em uma escola de Ensino Fundamental II localizada no distrito de Jordão, na cidade de Sobral-CE. As atividades foram desenvolvidas entre os meses de outubro e novembro de 2024, com o objetivo de proporcionar uma compreensão mais profunda sobre o efeito estufa por meio de práticas experimentais e investigativas. A sequência didática foi dividida em três momentos, representado por um fluxograma e descritos abaixo:

Fluxograma das atividades realizadas em sala de aula



Fonte: autoria própria (2024)

Primeiro Momento - No início da atividade, os alunos assistiram ao vídeo "Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e Agência Espacial Brasileira (AEB): Animação Mudanças Ambientais Globais – Experiência Efeito Estufa", disponível em: <https://youtu.be/r-9YafuDyhY>. Após a exibição do vídeo, foi realizada uma discussão guiada com o objetivo de explorar e identificar os conhecimentos prévios dos alunos sobre o efeito estufa. Essa abordagem permitiu que os estudantes expressassem suas concepções iniciais, possibilitando um direcionamento mais assertivo das etapas seguintes.

Segundo Momento - foi realizada uma simulação prática para aprofundar a compreensão dos alunos sobre o efeito estufa. Utilizou-se uma apresentação por meio de data-show para exibir o simulador do efeito estufa, disponível no site "Ciência à Mão" da Universidade de São Paulo, acessível em: <http://www.cienciamao.if.usp.br/>. Durante essa etapa, os alunos construíram um dispositivo nomeado "caixa de estufa", que simulava o efeito estufa em escala reduzida. É importante ressaltar que todos os materiais utilizados na prática experimental foram

de baixo custo, o que reforça a viabilidade da reprodução da atividade em diversos contextos escolares.

A atividade envolveu a montagem da caixa e a simulação do aumento da temperatura devido à concentração de gás carbônico. Essa experiência prática teve a duração de 100 minutos, sendo distribuída em duas aulas consecutivas, e foi fundamental para que os estudantes pudessem vivenciar, de forma concreta, como ocorre a retenção de calor na atmosfera.

Terceiro Momento: realizou-se a etapa prática de levar a caixa de estufa e os copos preparados ao sol, visando observar o efeito do aquecimento ao longo do tempo. Foram utilizados três copos com quantidades diferentes de água, com o objetivo de permitir uma comparação dos efeitos do calor do sol em diferentes volumes de líquido. Essa etapa teve a duração de 50 minutos e permitiu aos alunos compreender de maneira prática o papel dos gases na retenção de calor.

Durante essa etapa, os alunos preencheram um questionário, composto por seis questões, das quais quatro eram objetivas e duas eram subjetivas. As perguntas objetivas abordavam temas como a definição do efeito estufa, os gases responsáveis por intensificá-lo (como o dióxido de carbono), práticas que podem reduzir sua ocorrência (como o reflorestamento), e atitudes sustentáveis relacionadas à mitigação dos impactos ambientais. As perguntas subjetivas permitiam que os alunos descrevessem exemplos de ações humanas que contribuem para o aquecimento global, além de refletirem sobre práticas para reduzir esses impactos.

Essa abordagem é corroborada por Carvalho (2018), que enfatiza a importância de atividades investigativas e questionamentos que promovam a reflexão crítica dos alunos sobre temas ambientais. Segundo a autora, a utilização de questionários com questões objetivas e subjetivas pode auxiliar na avaliação do entendimento dos estudantes e na promoção de uma aprendizagem significativa.

O objetivo do questionário consistia em documentar as observações dos estudantes e analisar sua compreensão acerca do efeito estufa, além de fomentar uma reflexão sobre as atitudes humanas e as práticas sustentáveis que se fazem necessárias no enfrentamento do aquecimento global. As perguntas contribuíram para a consolidação do saber adquirido nas atividades e estimularam os alunos a refletir criticamente sobre o papel individual na preservação ambiental.

Ao final do experimento, realizaram-se explicações sobre como a atividade demonstrava o efeito estufa em escala menor e como esse fenômeno se relacionava ao processo natural que ocorre na Terra. Discutiu-se a importância dos gases na retenção de calor e o impacto das atividades humanas no aquecimento global. Os alunos também refletiram sobre a importância de atitudes sustentáveis para reduzir os efeitos negativos do aquecimento global e promover a preservação do meio ambiente.

Ao longo de todo o processo, não foram utilizados instrumentos de avaliação formais para a coleta de dados. A descrição apresentada é fruto da percepção da pesquisadora sobre as experiências dos alunos durante as atividades. Essa metodologia possibilitou que os estudantes se envolvessem de maneira ativa nas experiências práticas, promovendo uma aprendizagem significativa e a construção de uma consciência crítica acerca dos impactos ambientais.

Procedimentos Éticos

Para garantir a condução ética da pesquisa, foi elaborado um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) para os pais e responsáveis dos alunos participantes. Este termo descrevia os objetivos da pesquisa, os procedimentos que seriam realizados, e destacava que os materiais utilizados eram seguros e de baixo custo. Também explicitava os benefícios do estudo, como o desenvolvimento do conhecimento sobre o efeito estufa e a promoção do pensamento científico.

O termo foi entregue aos pais e responsáveis, e apenas após a obtenção do consentimento formal, os alunos puderam participar das atividades investigativas. Essa medida foi fundamental para assegurar que a pesquisa cumprisse as normas éticas que regem estudos com menores de idade, garantindo o respeito e a segurança de todos os envolvidos.

No próximo capítulo, serão apresentados os resultados e as discussões decorrentes das atividades investigativas realizadas com os alunos. Serão exploradas as percepções dos estudantes antes e após o experimento, analisando o impacto da metodologia utilizada na construção de conceitos sobre o efeito estufa e a sustentabilidade. A análise das respostas obtidas e da participação ativa dos alunos permitirá discutir como a aplicação prática e investigativa contribuiu para o entendimento dos fenômenos científicos e para o desenvolvimento de uma consciência crítica em relação às questões ambientais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta fase, foram examinados os resultados da abordagem pedagógica que implementou a Atividade Investigativa (AI) acerca do efeito estufa com estudantes do Ensino Fundamental II em Sobral-CE. A metodologia de pesquisa-ação empregada possibilitou uma abordagem prática, organizada em três etapas fundamentais: diagnóstico inicial, sistematização dos saberes e avaliação da proposta investigativa.

No diagnóstico inicial, identificaram-se as concepções prévias dos alunos, frequentemente incorretas, como a crença de que o efeito estufa é unicamente nocivo. Essas percepções orientaram o planejamento das atividades subsequentes, que tinham como objetivo desafiá-las e corrigi-las.

Durante a sistematização dos saberes, a AI foi colocada em prática por meio da construção de uma caixa de estufa e da observação do aquecimento de três copos com água expostos ao sol. Os alunos formularam hipóteses, analisaram os resultados obtidos e adquiriram uma compreensão mais sólida dos fenômenos envolvidos.

Na avaliação da proposta, os questionários aplicados após a atividade demonstraram um avanço considerável. A maioria dos alunos respondeu corretamente às questões objetivas e conseguiu relacionar práticas humanas, como a combustão de combustíveis fósseis e o desmatamento, ao aquecimento global. Esse progresso evidencia a eficácia da metodologia investigativa, refletindo tanto a apropriação dos conteúdos quanto a habilidade de aplicar o conhecimento em contextos concretos.

Para documentar as atividades realizadas, foram utilizados registros fotográficos, incluindo imagens dos alunos medindo a temperatura nos copos, discutindo os resultados e participando ativamente da montagem e observação do experimento. Essas imagens, juntamente aos registros escritos e questionários aplicados, proporcionaram uma visão detalhada do processo de ensino-aprendizagem, evidenciando o envolvimento dos estudantes e sua evolução conceitual ao longo da atividade.

A reflexão final revelou que a abordagem investigativa não apenas facilitou uma melhor compreensão dos fenômenos científicos, mas também estimulou os alunos a desenvolverem uma postura crítica em relação aos impactos ambientais. Dessa forma, a proposta didática fundamentada na investigação mostrou-se eficaz para a formação cidadã dos estudantes, promovendo uma educação que vai além do mero acúmulo de informações e prepara os alunos para enfrentar ativamente e conscientemente os desafios ambientais.

Diagnóstico Inicial

O diagnóstico preliminar da atividade investigativa foi realizado com o propósito de compreender e identificar as concepções alternativas dos estudantes sobre o efeito estufa, possibilitando a orientação do trabalho pedagógico para superar tais concepções e fomentar um desenvolvimento cognitivo mais aprofundado. Antes de dar início à Atividade Investigativa (AI), a professora conduziu uma avaliação diagnóstica que englobava questões problematizadoras, visando estimular o pensamento crítico dos alunos e identificar suas ideias prévias.

Durante a etapa de problematização inicial, os alunos foram indagados sobre sua compreensão acerca do efeito estufa e quais seriam os principais fatores que contribuíam para sua intensificação. As perguntas formuladas eram abertas, procurando provocar uma reflexão inicial, permitindo que os estudantes manifestassem suas ideias de maneira livre e espontânea. A professora promoveu um debate utilizando a técnica de tempestade de ideias, registrando as respostas no quadro, assegurando que todos os alunos pudessem compartilhar suas perspectivas.

As respostas obtidas dos alunos revelaram uma série de concepções alternativas que foram cruciais para direcionar o desenvolvimento da atividade. Muitos alunos caracterizaram o efeito estufa como um fenômeno exclusivamente negativo, atribuindo-o à poluição das grandes cidades, sem reconhecer que se trata de um processo natural essencial para a manutenção da temperatura terrestre. Outros estudantes apontaram que o efeito estufa era resultante exclusivamente da emissão de gases industriais, desconsiderando as contribuições de outros fatores como o desmatamento e a combustão de combustíveis fósseis.

A visão dos alunos de que o efeito estufa se relaciona exclusivamente ao aquecimento global, sem a devida compreensão de sua função natural na regulação térmica do planeta, reflete concepções alternativas frequentemente presentes entre estudantes. Conforme apontado por Carvalho (2018), é comum que os alunos tenham uma percepção simplificada e errônea dos fenômenos ambientais, limitando-se a associá-los apenas a consequências negativas, desconsiderando os aspectos naturais e benéficos que estão envolvidos. Quando o efeito estufa é tratado unicamente como um "vilão" climático, perde-se seu contexto essencial, que é manter a temperatura da Terra em níveis propícios à vida, conforme enfatizado por Houghton (2009).

A literatura acadêmica indica que em diversos ambientes educacionais há uma deficiência na transmissão clara e integrada da distinção entre o efeito estufa natural e aquele

intensificado pelas atividades humanas. Nesse contexto, a revisão realizada por Kiouranis e Silveira (2017) destaca a necessidade de implementar estratégias pedagógicas que considerem tanto os aspectos naturais do efeito estufa quanto os impactos das emissões antropogênicas, visando assim assegurar uma compreensão equilibrada do fenômeno.

Ademais, o conceito de mitigação do efeito estufa parece ter sido interpretado de forma bastante genérica pelos alunos. Muitos sugeriram que "não poluir" seria uma solução suficiente, sem detalhar ações concretas. De acordo com Sá-Silva *et al.* (2016), a falta de especificidade nas respostas dos alunos sobre medidas mitigatórias decorre de uma abordagem pedagógica que ainda demanda exemplos práticos e aplicáveis. Os autores ressaltam a importância de proporcionar aos alunos uma compreensão clara das ações que podem realmente contribuir para a redução dos gases de efeito estufa, incluindo a adoção de fontes renováveis de energia, diminuição da combustão de combustíveis fósseis e promoção do reflorestamento.

Com base na análise realizada, foi viável ajustar a atividade investigativa para abordar as lacunas conceituais identificadas. A literatura, como indicado por Moreira (2012), sublinha a relevância da construção de atividades que dialoguem diretamente com os conhecimentos prévios dos alunos, desafiando suas concepções alternativas. No caso específico do efeito estufa, foi necessário ressaltar a diferenciação entre o efeito estufa natural—indispensável à vida—e o efeito exacerbado pelas ações humanas, o qual contribui para o aquecimento global e as transformações climáticas.

Dessa forma, a sistematização da atividade foi direcionada para superar essas concepções equivocadas, promovendo um aprofundamento no entendimento dos alunos. Foram fornecidas explicações mais detalhadas sobre o papel dos principais gases de efeito estufa—como dióxido de carbono (CO_2) e metano (CH_4)—que são fundamentais para compreender a intensificação do aquecimento global segundo Wheeler e von Braun (2013). Assim sendo, as atividades foram conduzidas com o intuito de assegurar que os estudantes desenvolvessem uma compreensão mais ampla e precisa sobre o tema, interligando teoria à prática e estimulando reflexões críticas acerca do impacto das suas ações no meio ambiente. No tópico a seguir, serão abordadas as estratégias utilizadas para sistematizar e consolidar o aprendizado dos alunos sobre o efeito estufa.

Organizando os conhecimentos

Durante o desenvolvimento da atividade investigativa, os alunos foram incentivados a levantar hipóteses sobre o que ocorreria com a temperatura dos copos dentro da caixa de estufa. Essa etapa foi essencial para engajar os estudantes de forma ativa no processo de investigação, conforme defendido por Moreira (2012), que enfatiza que o aprendizado significativo se dá quando os alunos conseguem interagir de maneira ativa com os conceitos apresentados. A formulação de hipóteses permitiu aos alunos expressar suas expectativas sobre o experimento, o que promoveu uma relação mais próxima entre os novos conhecimentos e seus conhecimentos prévios.

A professora, ao longo do processo, desempenhou um papel fundamental de mediadora, incentivando perguntas e discussões, e registrando as principais dúvidas e respostas dos alunos. Esse tipo de prática, de acordo com Carvalho (2018), é essencial para criar um ambiente de aprendizagem ativa, no qual os alunos se sentem à vontade para questionar e, ao mesmo tempo, testar suas próprias ideias. Essa participação ativa foi fundamental para a organização dos conhecimentos dos estudantes e para superar as concepções alternativas identificadas durante o diagnóstico inicial.

Além do experimento prático, foi realizada uma etapa de sistematização do conhecimento, na qual os conceitos discutidos durante a atividade foram apresentados de maneira clara e objetiva. A professora utilizou uma linguagem apropriada ao nível cognitivo dos alunos, o que é crucial para que o conteúdo seja acessível e significativo, como apontado por Kiouranis e Silveira (2017). Durante essa etapa, explicou-se que o efeito estufa é um processo natural que mantém a Terra habitável, mas que, devido às atividades humanas — como a emissão de gases poluentes e o desmatamento —, esse processo tem sido intensificado, contribuindo para o aquecimento global. Essa abordagem, ao integrar explicações teóricas com a experiência prática, garantiu uma compreensão mais ampla e contextualizada dos fenômenos observados.

A participação dos alunos também incluiu a elaboração de desenhos e uma atividade escrita, onde eles foram desafiados a descrever o experimento, os principais resultados observados, e suas conclusões. Essas atividades finais tiveram como objetivo reforçar a compreensão dos alunos e avaliar se houve superação das concepções alternativas identificadas previamente. Segundo Sá-Silva *et al.* (2016), o uso de atividades criativas, como desenhos, pode ser uma ferramenta valiosa para avaliar a evolução do entendimento dos alunos, pois

permite a visualização de como os conceitos são internalizados e reorganizados na estrutura cognitiva dos estudantes.

Os resultados obtidos por meio dos desenhos e das atividades escritas demonstraram que muitos estudantes apresentaram uma evolução significativa na compreensão do efeito estufa. Cerca de 75% dos alunos conseguiram representar o conceito do efeito estufa de forma adequada, destacando não apenas o aquecimento observado dentro da caixa de estufa, mas também relacionando o experimento ao processo natural que ocorre na atmosfera terrestre. Em comparação com os registros iniciais, esses alunos mostraram um progresso notável ao reconhecer que o efeito estufa não é exclusivamente um problema ambiental, mas sim um fenômeno necessário que é exacerbado pelas atividades humanas.

Além disso, 70% dos alunos descreveram corretamente o papel dos gases do efeito estufa e reconheceram as ações humanas que contribuem para a intensificação desse processo. Entretanto, ainda houve uma parcela de alunos (aproximadamente 25%) que apresentou dificuldades em diferenciar o efeito estufa natural do exacerbado, o que sugere que essas concepções alternativas requerem intervenções adicionais para serem plenamente superadas.

Essa abordagem metodológica favoreceu o engajamento ativo dos estudantes durante o experimento, incentivando a formulação de hipóteses, uma observação atenta dos fenômenos apresentados e a análise dos resultados, conforme detalhado no Quadro 1 do plano de aula. Os resultados corroboram a literatura sobre ensino investigativo em Ciências, que destaca a importância de envolver os estudantes ativamente no processo de aprendizagem, promovendo não apenas a aquisição de conhecimento, mas também a capacidade de reflexão crítica sobre os fenômenos que os cercam (Carvalho, 2018; Moreira, 2012).

Portanto, o desenvolvimento da atividade investigativa sobre o efeito estufa mostrou-se eficaz para a superação de concepções alternativas, promovendo uma aprendizagem significativa. A formulação de hipóteses, a experimentação prática e a sistematização dos conhecimentos foram passos fundamentais que permitiram aos estudantes construir um entendimento mais preciso e fundamentado do efeito estufa, conectando teoria e prática e incentivando o pensamento crítico em relação aos desafios ambientais contemporâneos., conforme detalhado no Quadro 1 do plano de aula.

Quadro 1 – Etapas propostas para a execução das AI.

- 1) **Produção de vídeos curtos e sequenciais sobre o efeito estufa e mudanças climáticas:** Os vídeos foram divididos em partes e apresentados de forma progressiva ao longo das etapas da atividade, possibilitando aos alunos um tempo adequado para formular perguntas e levantar hipóteses. A estratégia foi alinhada ao modelo do ENADE, que enfatiza a importância de atividades interativas e que fomentem o pensamento crítico. Após cada parte do vídeo, houve momentos de discussão guiada, em que os alunos puderam compartilhar suas observações com os colegas e professores, promovendo uma construção coletiva do conhecimento.
- 2) **Discussão inicial e levantamento de hipóteses pelos alunos:** Inspirado pelo modelo de problematização recomendado pelo ENADE, antes de iniciar o experimento prático, o professor questionou os alunos sobre suas expectativas em relação ao experimento: o que acreditavam que aconteceria e quais seriam os resultados esperados. Esse processo de levantamento de hipóteses visou estimular a reflexão e a formulação de perguntas que direcionassem o aprendizado, gerando um ambiente propício à investigação científica e ao desenvolvimento de habilidades de resolução de problemas.
- 3) **Demonstração do experimento prático - construção da caixa de estufa:** O experimento consistiu na construção de uma caixa de estufa e no uso de três copos com diferentes volumes de água, expostos ao sol. Esta atividade prática foi planejada para proporcionar uma experiência real e visual do efeito do aquecimento, permitindo a observação das variações de temperatura nos diferentes volumes de água. A estrutura da atividade seguiu os princípios do ENADE de prática aplicada e investigativa, garantindo a compreensão prática dos conceitos teóricos apresentados anteriormente.
- 4) **Sistematização do conhecimento:** Após o experimento, os conceitos relacionados ao efeito estufa foram apresentados de maneira clara, objetiva e com uma linguagem acessível, adequada ao nível cognitivo dos alunos. Nesse momento, os alunos foram incentivados a relacionar os resultados do experimento com a teoria científica discutida. Essa abordagem é semelhante à etapa de sistematização proposta pelo ENADE, em que os estudantes devem consolidar e conectar os novos conhecimentos com o contexto teórico.
- 5) **Avaliação das habilidades desenvolvidas:** A avaliação dos alunos foi estruturada de forma semelhante às diretrizes do ENADE, combinando diferentes formatos para assegurar a abrangência do conhecimento.

Fonte: autoria própria (2024).

Avaliando a proposta investigativa

A atividade de investigação acerca do efeito estufa, executada presencialmente, ofereceu aos alunos uma oportunidade para experimentar o aprendizado em Ciências de maneira prática, além de possibilitar uma avaliação precisa da evolução conceitual dos participantes. A partir das observações feitas ao longo do processo e das fotografias capturadas dos alunos envolvidos, foi viável aferir o impacto positivo que a atividade exerceu sobre a compreensão e o envolvimento dos estudantes.

Na análise da proposta de pesquisa referente ao efeito estufa, foram identificados diversos aspectos do envolvimento dos estudantes, sua interação com os materiais e o progresso na compreensão conceitual ao longo das fases do experimento. As figuras 1 e 2 a seguir ilustram a manifestação desses elementos durante a atividade.

Figura 1: Aluno realizando medições de temperatura nos copos dentro e fora da caixa de estufa



Fonte: autoria própria (2024)

A figura 1 foi capturada durante a fase de coleta de dados, na qual os estudantes estavam avaliando a temperatura da água nos copos. Esse instante foi crucial para que os alunos adquirissem uma compreensão prática sobre como o calor é retido dentro da caixa, replicando o efeito estufa. A participação ativa na medição fortalece o aprimoramento de habilidades científicas, tais como observação e registro de dados.

Figura 2: Estudantes comparando a temperatura dos copos e discutindo os resultados obtidos no experimento



Fonte: autoria própria (2024)

Na imagem acima, os estudantes estão avaliando e contrastando as temperaturas registradas tanto no interior quanto no exterior da caixa de estufa. Esse instante de debate e

compartilhamento de ideias foi fundamental para o avanço conceitual dos alunos, uma vez que tiveram a oportunidade de ponderar sobre suas hipóteses iniciais e conectar os resultados práticos aos conceitos teóricos abordados ao longo da aula.

Cabe ressaltar que durante a realização da prática experimental, os alunos se mostraram entusiasmados, participativos e bastante curiosos ao "pôr a mão na massa". Houve um envolvimento notável, que ficou evidente nas perguntas e reflexões que surgiram ao longo da atividade. Muitos alunos levantaram hipóteses próprias, como questionar se a caixa coberta com outro material, que não fosse papel alumínio, teria o mesmo efeito na variação da temperatura da água. Outra pergunta comum foi em relação ao plástico filme utilizado, onde alguns alunos indagaram se ele estaria representando a camada de ozônio e qual seria o papel dessa camada no contexto do efeito estufa. No que de fato, o papel alumínio utilizado na prática experimental teve o papel de representar a retenção de calor, similar ao processo realizado pelos gases do efeito estufa na atmosfera. Na experiência, o papel alumínio foi colocado ao redor da caixa de estufa para simular como os gases na atmosfera retêm parte da radiação infravermelha emitida pela Terra, mantendo a temperatura interna elevada.

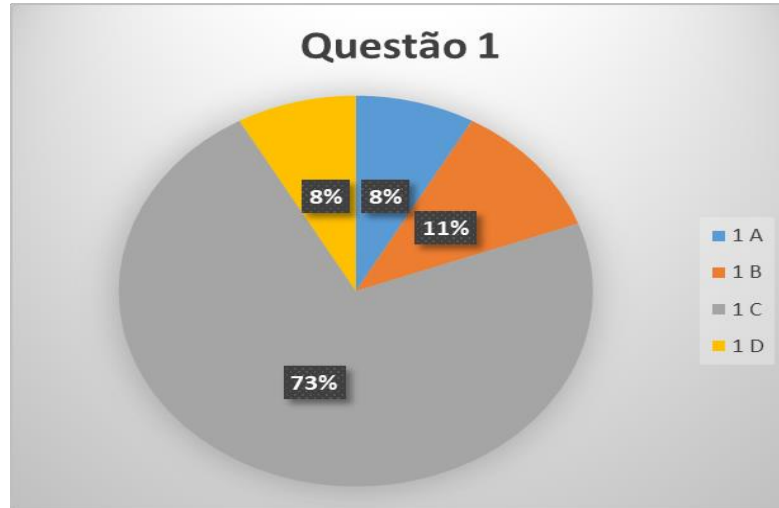
Os resultados do questionário revelam um progresso considerável na compreensão dos conceitos associados ao efeito estufa por parte dos alunos. As questões de múltipla escolha possibilitaram a avaliação do conhecimento específico assimilado durante a atividade, enquanto as questões dissertativas ofereceram uma perspectiva mais detalhada sobre o entendimento conceitual e as reflexões dos estudantes.

As cinco questões iniciais de caráter objetivo foram elaboradas com o intuito de avaliar a compreensão dos estudantes acerca de conceitos basilares do efeito estufa, englobando sua definição, a função desempenhada pelos gases de efeito estufa e práticas sustentáveis que visam mitigar o impacto humano sobre o meio ambiente. A maioria dos estudantes foi capaz de selecionar as alternativas corretas em cada uma dessas indagações, sugerindo que, de modo geral, houve uma assimilação satisfatória dos conceitos apresentados.

O gráfico da Questão 1 revela que 73% dos alunos escolheram a alternativa "C", que corresponde à definição correta do efeito estufa como um fenômeno natural que mantém o planeta aquecido. Essa maioria mostra que a compreensão do conceito básico do efeito estufa foi bem assimilada, embora 27% dos alunos tenham escolhido outras alternativas, evidenciando

algumas lacunas conceituais que precisam ser abordadas para garantir um entendimento completo por parte de todos os alunos.

Gráfico 1: Resultado do questionário 1



Fonte: autoria própria (2024)

Na Questão 2, 84% dos alunos selecionaram corretamente a alternativa "B", indicando que o dióxido de carbono (CO_2) é o principal gás responsável pela intensificação do efeito estufa. Esse resultado mostra uma boa compreensão dos gases de efeito estufa, embora 16% dos alunos ainda apresentem incertezas, escolhendo respostas incorretas como argônio ou oxigênio. Isso sugere a necessidade de reforçar o conteúdo sobre as diferentes contribuições dos gases para o efeito estufa.

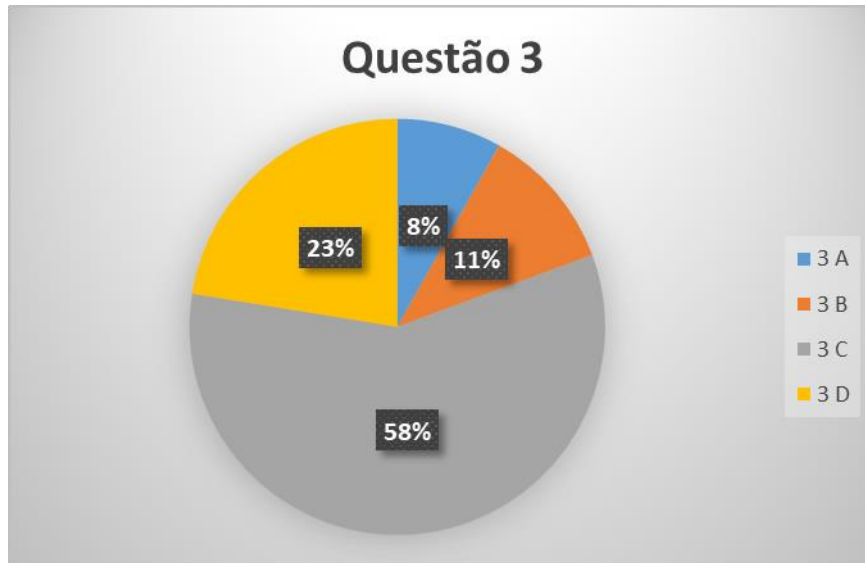
Gráfico 2: Resultado do questionário 2



Fonte: autoria própria (2024)

O gráfico referente à Questão 3 mostra que 58% dos alunos optaram pela alternativa "C", que aponta o reflorestamento como uma prática que pode diminuir o efeito estufa. No entanto, uma parte significativa dos alunos (42%) apresentou respostas equivocadas, indicando que ainda há certa confusão sobre quais ações humanas são eficazes na mitigação dos impactos do efeito estufa. É importante, portanto, reforçar práticas sustentáveis específicas e suas implicações no contexto ambiental.

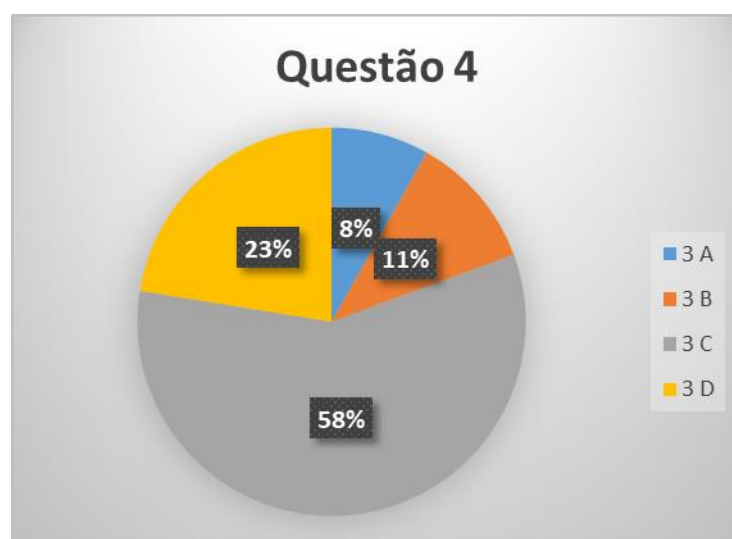
Gráfico 3: Resultado do questionário 3



Fonte: autoria própria (2024)

Em relação à Questão 4, 58% dos alunos identificaram corretamente atitudes sustentáveis como ações que priorizam o uso consciente dos recursos naturais (alternativa "D"). Entretanto, 42% dos estudantes ainda demonstram uma visão limitada sobre o conceito de sustentabilidade, com respostas que indicam uma percepção simplificada ou incorreta do tema. Isso reforça a importância de trabalhar mais o conceito de sustentabilidade, detalhando ações práticas que os alunos possam aplicar em seu dia a dia.

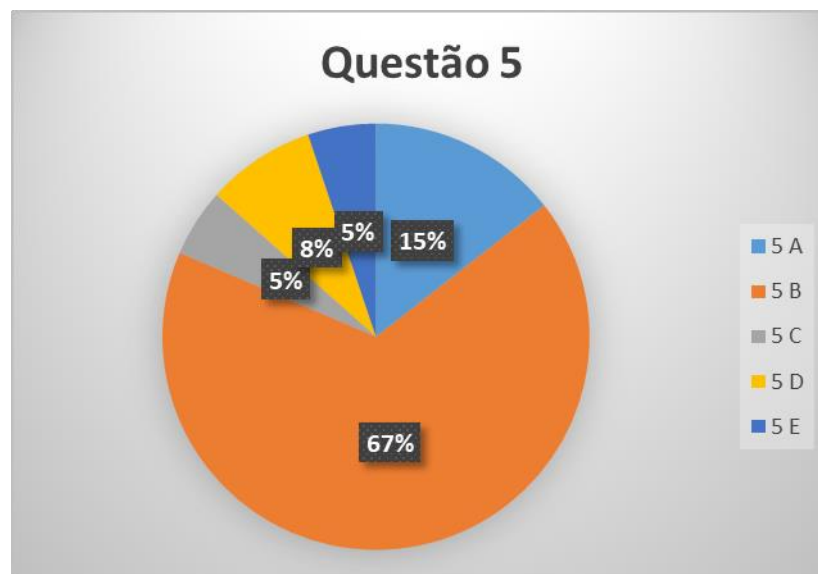
Gráfico 4: Resultado do questionário 4



Fonte: autoria própria (2024)

Para a Questão 5, 67% dos alunos acertaram a resposta, indicando que a erosão não é uma ação causadora do aquecimento global. Entretanto, as respostas incorretas, apresentadas por 33% dos estudantes, demonstram que ainda há dificuldade em identificar corretamente as causas do aquecimento global. Isso mostra que é necessário revisar e discutir com mais profundidade as diferentes causas do aquecimento e suas consequências para o planeta.

Gráfico 5: Resultado do questionário 5



Fonte: autoria própria (2024)

A Questão 6 consistiu em uma pergunta aberta que solicitava aos alunos a apresentação de exemplos de comportamentos humanos que favorecem o efeito estufa. A maioria das respostas obtidas pelos estudantes incluiu ilustrações como "queima de combustíveis fósseis", "desmatamento", "poluição atmosférica" e "emissões de fumaça provenientes de indústrias". Esses achados indicam que os alunos foram capazes de estabelecer relações entre as observações feitas durante o experimento e as práticas humanas que afetam o clima.

As respostas evidenciam que, após a realização da atividade investigativa, os alunos passaram a reconhecer de forma mais crítica como as ações humanas contribuem para o agravamento do efeito estufa. Esse resultado é um sinal positivo da evolução conceitual dos estudantes, pois reflete não apenas a assimilação de informações, mas também a habilidade de aplicar o conhecimento em contextos práticos e situacionais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A conclusão deste estudo reforça a importância de integrar teoria e prática no ensino de ciências para garantir uma aprendizagem significativa. Através das atividades investigativas sobre o efeito estufa, observou-se que os alunos puderam desenvolver habilidades críticas e reflexivas, fundamentais para a formação de uma cidadania consciente e engajada com as questões socioambientais.

Os resultados indicaram que a atividade investigativa possibilitou uma compreensão mais aprofundada dos fenômenos relacionados ao efeito estufa, promovendo o desenvolvimento de competências científicas, como a formulação de hipóteses, observação e análise crítica. A aplicação de um questionário após a atividade evidenciou uma evolução conceitual dos alunos, com a maioria demonstrando capacidade para responder corretamente às perguntas sobre o tema, refletindo assim uma assimilação mais eficaz dos conteúdos tratados.

Ademais, a sequência didática dos alunos revelou que a abordagem prática não apenas facilitou a compreensão dos conceitos científicos, mas também incentivou um maior engajamento e motivação para aprender sobre questões ambientais. Os estudantes foram capazes de correlacionar as práticas humanas que intensificam o efeito estufa com os impactos resultantes no meio ambiente, evidenciando uma percepção crítica da problemática.

Entretanto, novas questões emergiram durante o andamento da pesquisa, como a necessidade de investigar com maior profundidade as interações entre diferentes gases de efeito estufa e suas respectivas fontes emissoras, além das maneiras pelas quais atitudes cotidianas podem contribuir para a mitigação do aquecimento global. Pesquisas futuras poderiam concentrar-se no desenvolvimento de atividades que explorem detalhadamente soluções para mitigar o efeito estufa e na avaliação dos impactos dessas atividades na mudança comportamental dos alunos em suas rotinas diárias.

Dessa forma, este estudo contribuiu para promover uma educação científica que transcende o mero acúmulo de informações, almejando formar cidadãos conscientes e críticos, aptos a compreender e enfrentar os desafios ambientais contemporâneos e futuros.

REFERÊNCIAS

ADGER, W. Neil; PULHIN, Juan M.; BARNETT, Jon; DABELKO, Geoffrey D.; HOVELSRUD, Grete K.; LEVY, Marc; SPRING, Ursula Oswald; COLEEN, H. **Segurança humana. Em: Mudanças Climáticas 2014: Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade.**

Parte A: Aspectos Globais e Setoriais. Contribuição do Grupo de Trabalho II para o Quinto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas. Cambridge: Cambridge University Press, 2014. p. 755-791.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular.** Brasília: MEC, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 20 nov. 2024

BRASIL ESCOLA. Efeito Estufa. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/quimica/gases-efeito-estufa.htm>. Acesso em: 18 nov. 2024.

BRASIL. **Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular.** Ensino Fundamental. Brasília: Conselho Nacional de Educação, 2017. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/abase> . Acesso em: 28 ago. 2024.

CACHAPUZ, Antonio; PRAIA, João; JORGE, Miguel. **A Necessária Renovação do Ensino de Ciências.** São Paulo: Cortez, 2005.

CARVALHO, AMP **Ensino de Ciências por Investigação: Condições para Implementação em Sala de Aula.** São Paulo: Cengage Learning, 2013. Disponível em: <https://alvinhouau.blogspot.com/2020/05/exercicios-sobre-efeito-estufa-e.html>. Acesso em 14 nov. 2024.

CARVALHO, AMP. Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 3, pág. 765–794, 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4852/3040> . Acesso em: 25 ago. 2024.

CEARÁ. **Secretaria da Educação do Estado do Ceará.** Documento Curricular Referencial do Ceará - Educação Infantil e Ensino Fundamental. Fortaleza: SEDUC, 2019.

ONEY, Scott C.; FABRY, Victoria J.; FEELY, Richard A.; KLEYPAS, Joan A. Acidificação oceânica: o outro problema do CO₂. **Annual Review of Marine Science**, v. 1, p. 169-192, 2009. doi: 10.1146/annurev.marine.010908.163834.

DORR, Adam. **O pulso de impacto e as curvas de restauração: indo além da mitigação e estabilização.** Antropoceno, v. 16, p. 61-66, dez. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ancene.2016.10.003> . Acesso em: 25 ago. 2024.

DOS SANTOS SANTANA, U.; SEDANO, Luciana. Práticas epistêmicas no ensino de ciências por investigação: contribuições para a alfabetização científica. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 2, pág. 378, 2021.

ENGEL, G.I.; **Pesquisa-ação.** Educar, Curitiba, n. 16, p.181-191 2000. Editora da UFPR. disponível em: < <http://revistas.ufpr.br/educar/article/view/2045/1697>> Acesso em:30 set. 2024.

FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia: Saberes Necessários à Prática Educativa.** São Paulo: Paz e Terra, 1996.

FURTAK, E. M.; PENUUEL, W. R. The Value of Formative Assessment for Science Teaching and Learning: A Critical Review. **Review of Educational Research**, v. 89, n. 3, p. 370-415, 2019. Disponível em:

<https://www.frontiersin.org/journals/psychology/articles/10.3389/fpsyg.2019.03087/full>
Acesso em 14 nov. 2024.

HATTIE, J.; DONOGHUE, G. The Power of Feedback. **Review of Educational Research**, v. 77, n. 1, p. 81-112, 2007. Disponível em:

<https://www.columbia.edu/~mvp19/ETF/Feedback.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2024.

HOEGH-GULDBERG, O.; BRUNO, JF O impacto das mudanças climáticas nos ecossistemas marinhos do mundo. **Science**, v. 328, n. 5985, p. 1523-1528, 2010. doi: 10.1126/science.1189930.

HOUGHTON, J. **Global Warming: The Complete Briefing**. 4. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2009.

HANSEN, James; SATO, Makiko; RUEBUSHER, Pushker Kharecha; SCHMIDT, Gavin; LACIS, Andrew; RUSSELL, Gary; LEAREN, David. Sensibilidade climática, nível do mar e dióxido de carbono atmosférico. **Transações Filosóficas da Royal Society A**, v. 20120294, 2013. doi:10.1098/rsta.2012.0294. Acesso em 12. Out. 2024

HUNTINGTON, HP Moser, SC & Dilling, L. Criando um clima para a mudança: comunicando a mudança climática e facilitando a mudança social. **Ecociência**, v. 14, n. 4, pág. 545–546, 2007. [https://doi.org/10.2980/1195-6860\(2007\)14\[545: CACFCC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2980/1195-6860(2007)14[545: CACFCC]2.0.CO;2). Acesso em 12. Out. 2024

PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS – IPCC. Mudanças Climáticas 2014: **Relatório Síntese. Contribuição dos Grupos de Trabalho I, II e III para o Quinto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas**. Genebra, Suíça: IPCC, 2014.

KELLY, GJ; LICONA, P. **Práticas epistêmicas e educação científica**. In: História, Filosofia e Ensino de Ciências. Cham: Springer, 2018. p. 139-165.

KIOURANIS, C.; SILVEIRA, L. Educação Ambiental no Ensino de Ciências: Estratégias para a Compreensão do Efeito Estufa. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, v. 12, n. 2, 2017.

KRAJCIK, J. S.; SHIN, N. Project-Based Learning. In: SAWYER, R. K. (Ed.). **The Cambridge Handbook of the Learning Sciences**. 2. ed. New York: Cambridge University Press, 2014. p. 275-297 Disponível em:
https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/6983211/mod_resource/content/1/Carvalho%202018.pdf Acesso em 12. Nov. 2024.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO (MEC). **Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental**. Brasília: MEC, 2010. Disponível em:
<http://portal.mec.gov.br/diretrizes-curriculares-nacionais-para-educacao-ambiental>. Acesso em: 20 nov. 2024.

MORAIS, R.; GALIAZZI, MC; RAMOS, MG **Pesquisa em sala de aula: fundamentos e pressupostos**. In: MORAES, R.; LIMA, VMR *Pesquisa em sala de aula: tendências para a educação em novos tempos*. 3.ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2012.

MOREIRA, MA **O que é 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 abr. 2020. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/360260580/O-que-e-afinal-aprendizagem-significativa-pdf> . Acesso em: 01 set. 2024.

NELLES, D.; SERRER, C. **Mudança Climática: o fato como você nunca viu antes**. Rio de Janeiro: Sextante, 2020.

NUNES, T. da S.; MOTOKANE, MT **Práticas Epistêmicas apresentadas em Sequência Didática de Ecologia**. IX Encontro Nacional de Pesquisa Em Educação Em Ciências, p. 1–7, 2013.

PACALA, S.; SOCOLOW, R. Cunhas de Estabilização: Resolvendo o Problema Climático para os Próximos 50 Anos com as Tecnologias Atuais. **Ciência**, v. 305, pág. 968-972, 2004. <http://dx.doi.org/10.1126/science.1100103> .

PARMESAN, C.; YOHE, G. Uma impressão digital globalmente coerente dos impactos das mudanças climáticas em todos os sistemas naturais. **Nature**, v. 421, n. 6918, p. 37-42, 2003. doi: 10.1038/nature01286.

ROUACH, Véronique; ALBERTI, Benjamin; CHAGNON, Marie-Claude; BRUCKERT, Eric; LEMAITRE-DUCLOUX, Hélène; CHAGNON, Florence; AZULAY, David. **A resposta aguda da grelina a um desafio de estresse psicológico não prevê o desejo de comer pós-estresse**. *Psiconeuroendocrinologia*, v. 32, n. 6, pág. 693-702, jul. 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2007.04.010> . Acesso em: 14 ago. 2024.

SÁ-SILVA, J. R.; ALMEIDA, R. M.; GUIMARÃES, M. Problematizando o Tema da Obesidade na Escola: Uma Proposta Pedagógica a Partir dos Estudos Culturais. *Revista de Educação*, 2016.

SANDOVAL, WA; MORRISON, K. Ideias de estudantes do ensino médio sobre teorias e mudança de teoria após uma unidade de investigação biológica. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, v. 40, n. 4, p. 369-392, 2003.

SANDOVAL, WA; REISER, BJ Investigação orientada por explicação: Integrando andaimes conceituais e epistêmicos para investigação científica. **Science Education**, v. 88, n. 3, p. 345-372, 2004.

SASSERON, L. H. Interações discursivas e argumentação em sala de aula: a construção de conclusões, evidências e raciocínios. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências** (Belo Horizonte), v. 17, n. 3, p. 118-139, 2015.

SILVA, ALP; COSTA, HR Contextualização e experimentação na revista Química Nova na Escola: uma análise das edições de 2009 a 2016. **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia**, v. 2, pág. 331-352, 2019.

SILVA, FAR **O Ensino de Ciências por investigação na educação superior: um ambiente para o estudo da aprendizagem científica.** Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

RODA, T.; VON BRAUN, J. Impactos das mudanças climáticas na segurança alimentar global. **Ciência**, v. 341, pág. 508-513, 2013. <http://dx.doi.org/10.1126/science.1239402> . Acesso em 14 set. 2024.

WHEELER, T.; VON BRAUN, J. Impactos das Mudanças Climáticas na Segurança Alimentar Global. **Science**, v. 341, n. 6145, p. 508-513, 2013.

APÊNDICE A

QUESTIONÁRIO SOBRE EFEITO ESTUFA E AQUECIMENTO GLOBAL

Qual a sua faixa etária?

() Até 08-10 anos. () 11-12 anos. () Mais de 12 anos.

1) O efeito estufa pode ser definido como:

- a) Um fenômeno natural que ocorre apenas em grandes centros urbanos, fazendo com que a temperatura nessas regiões seja maior que nas áreas florestadas ao redor.
- b) Um fenômeno natural responsável por manter o planeta aquecido ao impedir que o calor proveniente da energia solar volte para o espaço.
- c) Um fenômeno causado como consequência da poluição atmosférica, pois os gases se concentram na atmosfera e diminuem a qualidade do ar.
- d) Um fenômeno atmosférico provocado pelo homem com o aumento da industrialização e utilização de combustíveis fósseis. Um fenômeno natural que ocorre apenas em grandes centros urbanos.

2) O fenômeno do efeito estufa é intensificado devido ao aumento da concentração de um determinado gás, principalmente por meio de atividades humanas. Que gás seria esse?

- a) Argônio (Ar)
- b) Dióxido de carbono (CO₂)
- c) Nitrogênio (N₂)
- d) Oxigênio (O₂)

3) Com base nos seus conhecimentos sobre o efeito estufa, aponte uma prática que possibilita a diminuição da sua ocorrência:

- a) Emissão de combustíveis fósseis.
 - b) Construção de reservatórios de água.
 - c) Reflorestamento de regiões desmatadas.
 - d) Queima dos resíduos orgânicos do lixo.
- 4) Para você, atitudes sustentáveis são:
- a) Ações que prejudicam os humanos, visando beneficiar o meio ambiente.
 - b) Atitudes que prejudicam as gerações futuras.
 - c) Atitudes que priorizam apenas a conservação das plantas.
 - d) Ações que priorizam o uso consciente dos recursos naturais.
- 5) As ações abaixo são causadoras do aquecimento global, com a **EXCEÇÃO** da:
- a) Desmatamento
 - b) Erosões
 - c) Queimadas
 - d) Poluições
 - e) Combustões
- 6) Cite exemplos de atitudes humanas que são responsáveis pelo aquecimento global:
