



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM REDE NACIONAL PARA O ENSINO DAS  
CIÊNCIAS AMBIENTAIS PROFCIAMB-UEFS**

**DANIEL CUNHA GUIMARÃES**

**CONTRIBUIÇÕES DE ESTRATÉGIAS DIDÁTICAS NO ENSINO DE FÍSICA PARA  
A ABORDAGEM DO TEMA MUDANÇAS CLIMÁTICAS**

FEIRA DE SANTANA-BA

2025

**DANIEL CUNHA GUIMARÃES**

**CONTRIBUIÇÕES DE ESTRATÉGIAS DIDÁTICAS NO ENSINO DE FÍSICA PARA  
A ABORDAGEM DO TEMA MUDANÇAS CLIMÁTICAS**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Feira de Santana, como parte das exigências do Mestrado Profissional em Rede Nacional para Ensino das Ciências Ambientais, área de concentração em Ambiente e Sociedade, para a obtenção do título de mestre.

Orientador: Prof. Me. Nildon Carlos Santos Pitombo.

FEIRA DE SANTANA-BA  
2025

Ficha Catalográfica - Biblioteca Central Julieta Carteadó - UEFS

G977

Guimarães, Daniel Cunha

Contribuições de estratégias didáticas no Ensino de Física para a abordagem do tema mudanças climáticas / Daniel Cunha Guimarães. – 2025. 103 f.: il.

Orientador: Nildon Carlos Santos Pitombo

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Feira de Santana, Programa de Pós-Graduação em Rede Nacional para Ensino das Ciências Ambientais, Feira de Santana, 2025.

1.Educação ambiental. 2.Aquecimento global. 3.Mudanças climáticas. 4.Ensino de física - Metodologia. I. Pitombo, Nildon Carlos Santos, orient. II.Universidade Estadual de Feira de Santana. III. Título.

CDU 53(07):551.583

*A ação humana sobre a natureza está promovendo alterações de grande escala há, pelo menos, um século. As mudanças climáticas, o aumento da temperatura média da Terra e todos os desdobramentos desses eventos indicam que estamos vivendo uma nova era, o Antropoceno. O aumento do número de eventos climáticos extremos, as mudanças nos ecossistemas, a ascensão do nível do mar, a migração de populações, o desaparecimento de geleiras de altitude, a redução das calotas polares e as alterações da disponibilidade de recursos já fazem parte da realidade de milhares de pessoas, e a compreensão dos fatores determinantes destes padrões climáticos mundiais desafia, tanto os pesquisadores especializados, como a população em geral. Nesse momento, um dos principais desafios é garantir a continuidade e aprofundamento das pesquisas, além de ampliar, por meio de uma divulgação clara e competente, o conhecimento de todos sobre o tema. Esses pontos são vitais para que sejamos capazes de compreender o papel dos governos, cientistas e da população na busca por alternativas, sempre dentro de um cenário que não invoque o catastrofismo e o imobilismo.*

Excerto da Apresentação do livro intitulado "Temas atuais em mudanças climáticas: para os ensinos fundamental e médio". JACOBI, Pedro e outros (Orgs). 1ª ed. São Paulo: IEE, 2015.

## AGRADECIMENTOS

No primeiro encontro com a turma, ao final da aula, os professores solicitaram que cada estudante resumisse aquele momento em poucas palavras. Quando chegou a minha vez de falar, disse: *“aqui foi dado o primeiro passo de uma longa caminhada”*. Sabia que seria uma jornada de muitas superações pessoais, confirmadas ao longo do caminho, porém, pude contar com muita ajuda que veio de todos os lados.

Agradeço, de todo o coração, aos Espíritos de Luz que estiveram presentes durante todo o percurso, ajudando de todas as formas possíveis e imagináveis, assim como aos meus pais, à minha irmã e aos meus dois filhos amados. Agradeço também, de todo o coração, à professora Marjorie Cseko e à Adriana “EMBASA” Turma VI, que me fizeram sentir que eu não tinha apenas uma mãe (rsrs).

Com todo respeito e carinho, agradeço, do fundo da alma, ao meu orientador, professor Nildon Pitombo, que “colou comigo” nessa jornada de “forma surreal”. Serei eternamente grato!

Aproveito para agradecer também a todos os alunos da turma VI pelo acolhimento e companheirismo. Sinto-me sinceramente privilegiado por fazer parte dessa turma. Em nome da citada turma, sinto-me confortável em dedicar sinceros agradecimentos a Sara Barros, que atuou como representante da turma, exercendo esse papel com total comprometimento, zelo e dedicação. Desejo sucesso a todos. Não poderia deixar de agradecer também aos integrantes da turma VII, assim como aos integrantes das turmas VIII e IX, pelo acolhimento. Agradeço a todos os professores que fazem parte do quadro docente do programa de mestrado, os quais tive o prazer de conhecer, bem como à Michele (secretaria do PROFCIAMB/UEFS), pois tiveram contribuições indispensáveis nessa jornada.

Não poderia deixar de agradecer a toda a equipe do CERPV, em especial às professoras Sueli Anjos, Potira Gomes e Aline Reis (Chuchu). Por fim, agradeço imensamente aos meus alunos, pois, sem a colaboração deles, este estudo não existiria!

Encerro meus agradecimentos expressando um profundo sentimento de satisfação diante do dever cumprido e gratidão pela oportunidade concedida pelo universo!

## RESUMO

As mudanças climáticas representam um dos desafios mais prementes enfrentados pela humanidade no século XXI, com implicações abrangentes que afetam ecossistemas, comunidades e economias globais. Diante da sua relevância é imprescindível que esse tema seja amplamente discutido no contexto escolar, sobretudo nas aulas de Física, na educação básica. Este estudo tem como objetivo geral identificar as contribuições e potencialidades do pluralismo didático metodológico, na acepção da Prof<sup>a</sup> Myriam Krasilchick, no ensino de Física, para a abordagem do tema “Mudanças Climáticas”. Para cumprir o propósito da pesquisa foi desenvolvida e implementada uma sequência didática interdisciplinar, abordando o tema “Mudanças Climáticas”, alinhada à BNCC e aos objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS), mas convergentes com a Resolução nº 262, do Conselho Estadual de Educação da Bahia, no destaque dos Objetivos de número 4 e 13, com ênfase nas metas 4.7 e 13.3. O estudo foi realizado com uma turma da Educação de Jovens e Adultos(EJA), da Secretaria de Educação da Bahia (SEC-BA), no Colégio Estadual Centro Educacional Renato Pereira Viana (CERPV), situado na cidade de Lençóis-Bahia, na região da Chapada Diamantina. A pesquisa modela-se na abordagem qualitativa, com traços de natureza descritiva-exploratória, utilizando o V de Gowin como referência para a triangulação de dados que se manifestam em múltiplos campos de entendimentos e compreensões, na conformidade com o pensamento de Flick sobre convergências explicativas acerca de um fenômeno. Como produto educacional, propõe-se a elaboração de um manual didático em formato de E-book.

**Palavras-chave:** ensino de física; mudanças climáticas; aquecimento global; V de Gowin.

## ABSTRACT

Climate change represents one of the most pressing challenges facing humanity in the 21st century, with far-reaching implications that affect ecosystems, communities, and global economies. Given its relevance, it is essential that this topic be widely discussed in schools, especially in Physics classes in basic education. The general objective of this study is to identify the contributions and potential of methodological pluralism, in the opinion of Myrian Krasilchik, in physics teaching, for addressing the topic of "Climate Change." To fulfill the purpose of the research, an interdisciplinary teaching unit will be developed and implemented to address the topic of "Climate Change." This teaching proposal is aligned with the BNCC and the sustainable development goals (SDGs), especially numbers 4 and 13, with an emphasis on goals 4.7 and 13.3. The study will be carried out with a class from the programs of Adults Education, at the state school Centro Educacional Renato Pereira Viana (CERPV), located in the city of Lençóis, Bahia, in the geographic region of Chapada Diamantina National Park. The research is modeled on the qualitative approach, with descriptive-exploratory features, using Gowin's V as a reference for the triangulation of data that manifest themselves in multiple fields of understanding and comprehension, in accordance with Flick's thinking on explanatory convergences about a phenomenon. As an educational product, the proposal is to develop a didactic manual in E-book format.

**Keywords:** Physics Class/Lesson; climate change; global warming; Gowin's V.

## **LISTA DE FIGURAS**

<b>Figura 1</b> - Efeito Estufa .....	19
<b>Figura 2</b> - Centro Educacional Renato Pereira Viana .....	44
<b>Figura 3</b> - Diagrama de Gowin – 1º Roda de Conversa .....	57
<b>Figura 4</b> - Diagrama de Gowin – 2º Roda de Conversa .....	61



**Daniel Cunha Guimarães**

## **CONTRIBUIÇÕES DE ESTRATÉGIAS DIDÁTICAS NO ENSINO DE FÍSICA PARA A ABORDAGEM DO TEMA MUDANÇAS CLIMÁTICAS**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Feira de Santana, como parte das exigências do Mestrado Profissional em Rede Nacional para Ensino das Ciências Ambientais, para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências Ambientais.

Área de Concentração: Ambiente e Sociedade  
Orientador: Prof. MSc. Nildon Carlos Santos Pitombo

Aprovada em 02 de fevereiro de 2026.

### **BANCA EXAMINADORA**

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** MARTA LÍCIA TELES BRITO DE JESUS  
Data: 02/02/2026 14:41:09-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Dra. Marta Lícia Teles de Jesus – UFBA

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** ABÍLIO CLÁUDIO DO NASCIMENTO PEIXOTO  
Data: 02/02/2026 12:07:19-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Dr. Abílio Cláudio do Nascimento Peixoto – SEC/BA

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** NILDON CARLOS SANTOS PITOMBO  
Data: 02/02/2026 13:19:06-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Me. Nildon Pitombo – UEFS (Orientador)

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>15</b>
2.1	MUDANÇAS CLIMÁTICAS, COMPLEXIDADE, E A TERMODINÂMICA DO NÃO EQUILÍBRIO	15
2.2	EFEITO ESTUFA E AQUECIMENTO GLOBAL: DIMENSÃO TÉCNICA.....	18
2.3	MUDANÇAS CLIMÁTICAS E O PAPEL DA EDUCAÇÃO .....	23
2.4	INTERDISCIPLINARIDADE E CIÊNCIAS AMBIENTAIS .....	32
<b>3</b>	<b>PLURALISMO METODOLÓGICO NO CONTEXTO DA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA.....</b>	<b>36</b>
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>42</b>
4.1	LOCAL E PARTICIPANTES DA PESQUISA .....	43
4.2	CARACTERÍSTICAS DO ESTUDO E COLETA DOS DADOS.....	44
4.3	ETAPAS DA PESQUISA .....	45
4.4	A SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	46
4.4.1	SÍNTESE DAS AULAS .....	48
<b>5</b>	<b>PRODUTO EDUCACIONAL.....</b>	<b>53</b>
<b>6</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>53</b>
6.1	– RESPOSTAS DOS ESTUDANTE E DIAGRAMA DE GOWIN REFERENTE A PRIMEIRA “RODA DE CONVERSA” E AS OBSERVAÇÕES REGISTRADAS EM DIÁRIO DE BORDO DURANTE O PERÍODO DE INTERVENÇÃO DIDÁTICA.....	54
6.2	RESPOSTAS DOS ESTUDANTES E DIAGRAMA DE GOWIN REFERENTE A SEGUNDA “RODA DE CONVERSA” E AS OBSERVAÇÕES REGISTRADAS EM DIÁRIO DE BORDO DURANTE O PERÍODO DE INTERVENÇÃO DIDÁTICA.....	58
<b>7</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>62</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>65</b>
	<b>APÊNDICE A - Itens da composição das conversas semiestruturadas .....</b>	<b>69</b>

<i>APÊNDICE B - Diário de bordo – Intervenção didática.....</i>	<i>72</i>
<i>APÊNDICE C - Descrição das nove aulas constitutivas da sequência didática .....</i>	<i>79</i>
<i>APÊNDICE D – Manual técnico para a construção do motor Stirling .....</i>	<i>95</i>

## 1 INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas representam um dos desafios mais prementes e interconectados enfrentados pela humanidade no século XXI, com implicações abrangentes que afetam ecossistemas, comunidades e economias globais. O aumento das temperaturas globais com seus efeitos nas alterações nos padrões climáticos e consequências no branqueamento dos corais, no derretimento de geleiras e nos eventos climáticos extremos têm impactos significativos na biodiversidade, na segurança alimentar e no acesso à água potável. Além disso, as mudanças climáticas exacerbam desigualdades sociais e econômicas, afetando de maneira desproporcional as populações mais vulneráveis. O engajamento em ações mitigadoras como a transição para fontes de energia mais sustentáveis e a promoção de práticas de adaptação são cruciais para enfrentar esse desafio global. Nesse sentido, a compreensão da relevância das mudanças climáticas não apenas molda o futuro do nosso planeta, mas também define a responsabilidade coletiva de preservar um ambiente saudável e sustentável para as gerações presentes e futuras.

Dessa forma, diante do cenário crítico das mudanças climáticas, a importância da educação torna-se ainda mais evidente e crucial. A conscientização e o entendimento dos impactos das atividades humanas no planeta são fundamentais para empoderar as gerações presentes e futuras na busca por soluções sustentáveis. Nesse contexto a educação desempenha um papel essencial ao promover a compreensão das causas e consequências das mudanças climáticas, estimulando a tomada de decisões informadas e fornecendo os instrumentos necessários para que a sociedade possa se posicionar diante desse cenário. Importa chamar a atenção para alguns desses instrumentos: as conferências mundiais sobre o clima (World Climate Conference - WCC), o marco legal da Política Nacional sobre Mudanças Climáticas (PNMC) expressos em leis, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), a Resolução do Conselho Estadual de Educação sobre a Educação Ambiental (Res. CEE/BA nº 262/2024), dentre outros.

Sendo assim, o currículo escolar, alinhado com a Política Nacional sobre Mudanças Climáticas (PNMC), a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), entre outros documentos normativos que direcionam a abordagem do tema mudanças climáticas, desempenha um papel fundamental na promoção dos Objetivos de

Desenvolvimento Sustentável (ODS), em especial os ODS 4 e 13 que são peças essenciais no empoderamento social para o combate às mudanças climáticas. O ODS 4, que se refere à Educação de Qualidade, abrange a meta 4.7, que propõe assegurar que todos os alunos adquiram conhecimentos e habilidades necessários para promover o desenvolvimento sustentável. Dessa forma, a interconexão entre o ODS 4 e o ODS 13, que trata de Ação Climática, é evidente na meta 13.3, a qual visa melhorar a educação, sensibilização e capacidade humana e institucional em relação à mitigação das mudanças climáticas, adaptação, impacto e redução de sua vulnerabilidade. Essas metas não apenas reconhecem a importância de uma educação de qualidade para capacitar os indivíduos na promoção do desenvolvimento sustentável, mas também destacam a necessidade de conscientização e ação específica em relação aos desafios climáticos atuais. Ao abordar a interseção entre o ODS 4 e 13, espera-se construir uma sociedade mais resiliente, informada e capaz de enfrentar os complexos desafios impostos pelas mudanças climáticas.

Diante da demanda em questão, estimular o interesse entre alunos do ensino médio destaca-se como um desafio significativo no cenário educacional contemporâneo. Para enfrentar essa questão, torna-se imperativo adotar práticas pedagógicas mais atraentes, capazes de motivar o engajamento dos estudantes no processo de ensino aprendizagem. Ao reconhecer e responder ao desinteresse dos alunos buscando desenvolver práticas pedagógicas mais envolventes, as instituições de ensino podem criar ambientes mais propícios ao aprendizado.

Desde 2013, atuando como professor de Física no Centro Educacional Renato Pereira Viana<sup>1</sup> (CERP.V), tenho observado, em muitos casos, a falta de motivação, engajamento e baixo rendimento dos alunos em suas aprendizagens. Dessa forma, por meio deste estudo, espero contribuir para o desenvolvimento de práticas pedagógicas mais alinhadas as características dos estudantes, promovendo assim maior estímulo, engajamento e melhores resultados em suas aprendizagens.

Nesse contexto, a sequência didática desenvolvida nesse estudo, aborda a temática das Mudanças Climáticas e suas relações com a Termodinâmica, utilizando

---

<sup>1</sup> O Centro Educacional Renato Pereira Viana, criado em 1951, é a única instituição de ensino médio e educação de jovens e adultos de Lençóis, da esfera administrativa da rede pública estadual. Com seis salas de aula, a unidade atende a 440 estudantes na sede e cerca de 130 alunos no anexo, em Tanquinho, a 20 quilômetros da cidade de Lençóis.

como aporte teórico no processo de ensino aprendizagem o pluralismo didático metodológico. Dentre as diferentes estratégias didáticas metodológicas utilizadas na sequência didática, foi realizada uma oficina didático-pedagógica para a construção de motores Stirling, utilizando latinhas de alumínio entre outros materiais de baixo custo. Essa oficina se enquadra, dentro da sequência didática, como uma metodologia ativa de ensino, onde os estudantes são estimulados a colocarem as mãos na massa através de habilidades artesanais. Ao propor essa oficina, espera-se estimular os estudantes, através de uma atividade lúdica, a imergir na inquietude da questão ambiental das mudanças climáticas.

Dessa forma a proposta didática aproxima os estudantes das causas e origens do aquecimento global, que estão ancoradas no início da revolução industrial, com o surgimento das primeiras máquinas térmicas. Além dessa aproximação com a origem do problema em questão, os alunos serão estimulados a entrarem no fronte de batalha para superar a crise climática, através de um desafio. Os estudantes, a partir do conhecimento desenvolvido sobre o princípio de funcionamento do motor Stirling e o impacto das emissões de gases estufa, serão desafiados a apresentar uma proposta de funcionamento do motor, que minimize, ou zere as emissões de gases estufa.

Vale ressaltar que em uma das etapas da unidade didática, os estudantes serão guiados por um estudo dirigido a compreender que a maior parte das emissões de gases de efeito estufa provém da geração de energia elétrica, através da queima de combustível fóssil nas usinas termoelétricas, contextualizando dessa forma o desafio proposto. Dessa forma, a partir do estudo das mudanças climáticas, a unidade didática (UD) busca contemplar conteúdos de Física que são geralmente abordados no 2º ano do ensino médio, entre os quais estão o estudo da calorimetria, os processos de propagação de calor, o comportamento térmico dos gases e o estudo das leis da Termodinâmica.

São abordados também, de forma crítica dentro da unidade didática, aspectos importantes da relação entre sociedade e meio ambiente, como o modelo de produção e consumo, as atividades humanas que possuem grande potencial de emissão de gases estufa, metas nacionais e internacionais de descarbonização e as principais medidas adotadas pelo governo para alcançar as metas acordadas em tratados internacionais com foco na crise climática entre outros tópicos.

Nesse contexto, o objetivo geral da pesquisa é: Identificar as potencialidades e contribuições do pluralismo didático metodológico no ensino de Física, para a abordagem do tema “Mudanças Climáticas”. E os objetivos específicos são: 1) Desenvolver e implementar uma Sequencia Didática interdisciplinar, pautada em práticas diferenciadas para o ensino da temática das “Mudanças Climáticas”; 2) Implementar, dentro da Sequência Didática, uma oficina didático-pedagógica cuja finalidade é a construção de protótipos de dispositivos similares ao “motor Stirling” utilizando materiais de baixo custo para o ensino da temática das “Mudanças Climáticas”; 3) Avaliar as potencialidades dos protótipos de Motor Stirling no processo de ensino aprendizagem, como forma de promover a imersão dos estudantes nas origens das emissões de GEE, assim como, na importância da busca por novas formas de gerar energia limpa.

Do ponto de vista metodológico esse estudo apresenta-se como uma pesquisa de natureza descritiva-exploratória. A abordagem da pesquisa foi conduzida de forma qualitativa, utilizando como técnica de coleta de dados conversas semiestruturadas e a observação participante, onde a análise dos dados fez uso do **V de Gowin** como referência para a triangulação de dados obtidos durante as conversas semiestruturadas e a observação participante, em conformidade com o pensamento de Flick sobre convergências explicativas acerca de um fenômeno.

Como produto educacional elaborou-se o manual didático em formato de E-book.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 MUDANÇAS CLIMÁTICAS, COMPLEXIDADE, E A TERMODINÂMICA DO NÃO EQUILÍBRIO**

Ao analisar as mudanças climáticas contemporâneas percebe-se que modelos baseados em uma visão simplificadora da natureza não conseguem dar conta de traduzir a complexidade inerente ao fenômeno, que se caracteriza por englobar inúmeras variáveis que não se enquadram em padrões de equilíbrio e uniformidade, tendo origens tanto em fatores naturais quanto antropogênicos, assim como, fatores internos e externos ao planeta.

De acordo com Reis, Silva e Figueiredo (2015), representações do mundo natural passaram por transformações significativas ao longo da história da humanidade, onde grande parte dessas mudanças estão intrinsecamente associadas ao modo como a ciência constrói modelos e descreve a realidade, influenciando e sendo influenciada pelas perspectivas culturais e filosóficas de cada época. Nesse sentido, destaca-se a interpretação da realidade promovida pela ciência moderna, marcada pela visão mecanicista, que tinha como objetivo principal traduzir a natureza em leis simples e universais capazes de explicar o funcionamento de todo universo.

Nesse sentido, Fiedler-Ferrara (2005) aponta, que ao longo do século XX, essa visão científica baseada no determinismo, no reducionismo e na simplificação foi gradualmente sendo incorporada por uma abordagem epistemológica mais abrangente. De acordo com o autor, a partir da segunda metade desse século, surge uma tendência descrita como uma renúncia à prioridade dada às categorias de simplicidade, ordem e regularidade, favorecendo conceitos como complexidade, desordem e caoticidade. Contudo, o autor ressalta que essa mudança não implica na exclusão da visão epistemológica tradicional, e sim na sua integração em um modelo epistemológico mais amplo. Dessa forma, trazendo a discussão para o âmbito das mudanças climática,

entende-se que a Termodinâmica do não equilíbrio e a teoria da complexidade, representantes dessa nova perspectiva epistemológica, apresentam subsídios para outra forma de compreender alguns fenômenos da natureza e fornecem vários elementos para que seja possível desenvolver uma compreensão mais abrangente sobre a realidade (Reis, Silva, Figueiredo. 2015, p. 540).

Nesse contexto, a Terra pode ser interpretada como um sistema não isolado, caracterizado pelas interações entre matéria e energia, identicamente pelas interações energéticas com o espaço ao seu redor (Reis, Silva e Figueiredo. 2015). Esse intercâmbio natural do sistema, ocorre principalmente por meio de ondas eletromagnéticas, onde a Terra absorve energia do Sol, incluindo luz visível e outras frequências do espectro eletromagnético como o ultravioleta, e emite energia de volta ao espaço, predominantemente na forma de radiação infravermelha.

De acordo com Watanabe-Caramello (2012), a complexidade do sistema climático torna-se evidente ao se considerar os diversos fatores, cujas interações influenciam diretamente a realidade climática. A autora destaca a importância de

refletir sobre aspectos como microclimas (ou subsistemas), diferentes tipos de relevo, características ecológicas regionais, além de fatores externos, como variações na atividade solar. Nesse cenário, ela também ressalta a relevância de levar em conta as mudanças climáticas ocorridas ao longo das eras glaciais.

Levando a discussão para o campo da educação, pode-se dizer que, dentre os desafios impostos pelas mudanças climáticas, destaca-se a necessidade de superação de paradigmas políticos, econômicos e sociais, em que transformações significativas nessas esferas evidenciam, inexoravelmente, a importância da educação como base na construção de novos padrões a serem adotados pela sociedade. Nesse sentido, Reis, Silva e Figueiredo (2015) apontam que,

as teorias sistêmicas complexas associadas aos princípios termodinâmicos podem oferecer aos professores de física subsídios para a compreensão da dinâmica climática terrestre, visto que as suas principais características (instabilidade, irreversibilidade, imprevisibilidade, interação sistêmica) podem ser identificadas com maior facilidade quando apoiadas nesses conceitos (Reis, Silva, Figueiredo. Id. p. 541).

Com base nesse entendimento, segundo Watanabe-Caramello (2012), as abordagens de ensino de Física que integram o estudo das mudanças climáticas, podem contribuir para a construção de uma visão complexa de mundo e para o desenvolvimento de uma postura crítica e reflexiva diante das questões socioambientais. Ainda no âmbito da educação, Reis, Silva e Figueiredo (2015) apontam que,

especificamente do ponto de vista dos conceitos da física, o trabalho com o tema “mudanças climáticas” permite aos professores o desenvolvimento de temas como, por exemplo, “conservação de energia”, “espectro da radiação eletromagnética”, “radiação de corpo negro” (emissão e absorção), “dilatação térmica e temperatura”, entre outros. O trabalho específico com conceitos de dissipação de energia e de entropia contribui para que seja dado nas aulas de física o destaque para uma realidade ambiental complexa e controversa. (Reis, Silva, Figueiredo. Ib., p. 548)

Outro aspecto relevante no âmbito das mudanças climáticas, são as controvérsias científicas sobre suas causas e consequências. Essas controvérsias decorrem, em grande parte, da dificuldade de quantificar e avaliar a contribuição de diferentes variáveis internas e externas ao sistema Terra-Espaço. Diante da complexidade inerente ao sistema climático, verifica-se que a interdependência das variáveis envolvidas, gera mecanismos de retroalimentação no sistema climático, que

podem amplificar ou mitigar os efeitos de determinadas mudanças. As controvérsias refletem, portanto, não apenas a complexidade do sistema climático, mas também a diversidade de abordagens científicas e metodológicas empregadas para investigá-lo. Nessa perspectiva, Ribeiro e Kawamura (2014, p. 164) apontam que,

(...) fica claro que não há exatamente controvérsias científicas, no sentido mais epistemológico, que se refere à natureza de conceitos, mas a utilização de uma compreensão dos sistemas e ambientes da Terra, locais ou globais, que não leva em conta, na discussão de suas medidas e resultados, o fato de se tratar de sistemas complexos. (Ribeiro e Kawamura, 2014, p. 164)

Diante do exposto, verifica-se que a complexidade inerente ao ensino das mudanças climáticas, impõe a necessidade de abordagens que transcendam modelos redutores e simplificadores da natureza e sua relação com a sociedade. Dessa forma, a termodinâmica do não equilíbrio e as teorias sistêmicas complexas podem oferecer um suporte teórico mais adequado para analisar a interdependência de variáveis naturais e antropogênicas, integrando aspectos ambientais e socioeconômicos, favorecendo assim uma visão mais ampla das inúmeras variáveis que influenciam o sistema climático. Então, vale ressaltar, que a educação desempenha um papel social fundamental ao buscar construir junto a sociedade uma visão crítica e sistêmica sobre as questões socioambientais, possibilitando uma compreensão mais profunda das causas e consequências atreladas às mudanças climáticas contemporâneas<sup>2</sup>.

## **2.2 EFEITO ESTUFA E AQUECIMENTO GLOBAL: DIMENSÃO TÉCNICA**

As leis da Física que explicam os fenômenos térmicos, sobretudo as leis da termodinâmica oferecem subsídios importantes para uma análise abrangente das mudanças climáticas. Com base nas leis da termodinâmica é possível analisar o efeito estufa e o aquecimento global, o papel dos oceanos na regulação térmica do planeta,

---

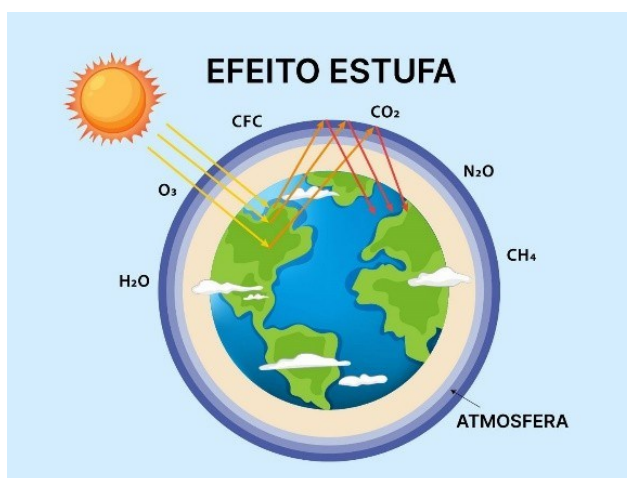
<sup>2</sup> Vale dizer, aqui, da representação significativa que tem este trabalho dissertativo, no que se estende aos aspectos da metodologia docente, quanto ao alcance cotidiano de relação pedagógica com as/os estudantes. Uma temática tão adstrita ao campo do ensino da Física se impõe como marcante em outros campos de conteúdos e de componentes curriculares, de modo expressivo, para o trato das relações socioambientais. Sublinha-se, de modo próprio para o pesquisador e, quiçá extrapolando para outras pessoas e escolas, o quão relevante é o PROFCIAMB/UEFS para os docentes das redes escolares da Bahia.

o transporte de calor global atmosférico e oceânico entre outros fenômenos relacionados a dinâmica climática do planeta.

O efeito estufa consiste num fenômeno natural do planeta, que se caracteriza pela capacidade que possuem alguns gases presentes na atmosfera para a retenção do calor. Esses gases atuam como uma camada isolante, conservando parte do calor, evitando com que essa energia escape totalmente para o espaço. São exemplos de gases de efeito estufa (GEE) o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), o metano ( $\text{CH}_4$ ), o óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) e o vapor d'água entre outros. Atividades humanas como a queima de combustíveis fósseis e o desmatamento, têm aumentado significativamente a concentração desses gases na atmosfera, sendo o principal deles o dióxido de carbono, intensificando o efeito estufa e provocando o aumento da temperatura global.

O mecanismo físico por trás do efeito estufa envolve a interação da luz (ondas eletromagnéticas) com moléculas dos gases de efeito estufa. Como ilustrado na Figura 1, a maior parte da energia solar que atinge a Terra está na forma de radiação eletromagnética de ondas curtas (principalmente luz visível e ultravioleta). Parte dessa energia é refletida de volta para o espaço pela superfície e pelas nuvens enquanto o restante é absorvido pela superfície terrestre e pela atmosfera. Essa parcela da radiação absorvida provoca aumento de temperatura da superfície terrestre, que passa a emitir radiação predominantemente na faixa do infravermelho (ondas de calor). Essa radiação ao interagir com moléculas de gases estufa é absorvida, e em seguida reemitida em todas as direções, incluindo de volta para a superfície terrestre, dessa forma retendo energia térmica.

**Figura 1 - Efeito Estufa**



Fonte: <<https://www.todamateria.com.br/efeito-estufa/>> Acesso em 25/6/25

Dessa forma analisando o fenômeno de efeito estufa a luz da primeira lei da termodinâmica, a qual afirma que a diferença entre o calor  $Q$  recebido e o trabalho  $W$  realizado em um processo termodinâmico corresponde a variação da energia interna  $\Delta U$  do sistema, o efeito estufa está diretamente relacionado com o balanço energético do planeta. Matematicamente podemos escrever a primeira lei da termodinâmica como:

$$\Delta U = \Delta Q - \Delta W$$

A primeira lei da Termodinâmica informa então a variação da energia interna de um sistema que troca calor e trabalho com sua vizinhança; em particular, temos que no sistema isolado, inexistem trocas de calor ( $Q = 0$ ), nem de trabalho ( $W = 0$ ) com a vizinhança, de modo que a energia interna do sistema permanece constante e sua variação é nula ( $\Delta U = 0$ ), ou seja, a energia total do sistema se conserva. Este fato evidencia a primeira lei da termodinâmica como uma manifestação do Princípio de Conservação da Energia, que afirma que a energia total de um sistema isolado permanece constante ao longo do tempo.

Ao aplicar a primeira lei da termodinâmica ao contexto climático terrestre, a Terra pode ser considerada como um sistema que troca energia com o espaço ao seu redor, principalmente na forma de radiação eletromagnética. O planeta recebe do sol uma quantidade de energia, com parte dela absorvida pela superfície ( $Q_{\text{Entrada}}$ ). Em seguida, a fração desse total que se expressa como energia térmica, na forma de radiação infravermelha, é emitida de novo para o espaço ( $Q_{\text{Saída}}$ ). Porém, com a presença dos gases de efeito estufa, uma porção dessa radiação é absorvida pelos mesmos e outra quota é reemitida em todas as direções, incluindo de volta para a superfície terrestre, reduzindo a quantidade de energia ( $Q_{\text{Saída}}$ ) que escapa para o espaço. Nesse contexto a energia interna da Terra ( $U$ ) depende do equilíbrio entre  $Q_{\text{Entrada}}$  e  $Q_{\text{Saída}}$ , o que implica nas seguintes possibilidades:

- Se,  $Q_{\text{Entrada}} = Q_{\text{Saída}}$ , o sistema permanece em equilíbrio térmico, e a temperatura média da Terra tende a se manter constante ( $\Delta U=0$ ).
- Se,  $Q_{\text{Entrada}} < Q_{\text{Saída}}$ , ocorre uma redução da energia interna ( $\Delta U < 0$ ), resultando em resfriamento global.

- Se,  $Q_{\text{Entrada}} > Q_{\text{Saída}}$ , ocorre um aumento na energia interna ( $\Delta U > 0$ ), e a temperatura média da Terra aumenta.

Dessa forma os gases de efeito estufa (GEE) interferem significativamente no processo de trocas de calor, influenciando diretamente no balanço energético do planeta, sempre alterando o equilíbrio térmico e possibilitando seu acúmulo de na atmosfera. Nessa configuração o aquecimento global antropogênico é consequência imediata do aumento da concentração de gases estufa na atmosfera fruto de diversas atividades humanas, sendo a principal delas a geração de energia elétrica através das usinas termoelétricas.

O princípio de funcionamento dos motores térmicos, utilizados nas usinas termoelétricas, encontra base teórica nas leis da termodinâmica, embora as primeiras máquinas térmicas terem sido inventadas nos primórdios da revolução industrial, antes das leis da termodinâmica serem postuladas. De acordo com as leis da termodinâmica uma máquina térmica converte calor em trabalho, sendo que seu rendimento está diretamente relacionado a diferença de temperatura entre as fontes quente e fria sobre a qual a máquina opera.

É comum utilizar o processo de combustão de combustíveis fósseis como fonte de energia térmica (calor), emitindo assim gases estufa na atmosfera, porém é possível alcançar a diferença de temperatura entre a fonte quente e fria, necessária para o funcionamento do motor, através de fontes não emissoras de GEE como por exemplo utilizando a radiação solar. É possível também reduzir os impactos nas emissões de GEE, utilizando fontes renováveis como a biomassa e os biocombustíveis, pois através do processo de produção e consumo dimensionado de maneira correta é possível fechar o ciclo com um balanço nulo de emissão de gases estufa, pois o carbono emitido para a atmosfera durante a queima é novamente capturado no processo de cultivo da matéria prima.

Continuando a refletir sobre os importantes subsídios que as leis da termodinâmica oferecem para analisar as mudanças climáticas, verifica-se que as leis da Física que regem os fenômenos térmicos permitem também compreender o papel fundamental dos oceanos para a regulação térmica do planeta. Nesse sentido ao aplicar a equação fundamental da calorimetria, a qual relaciona a quantidade de calor necessária para alterar a temperatura de uma dada massa de uma substância,

percebe-se que os oceanos são os maiores reservatórios térmicos do planeta, graças à sua característica de armazenar e liberar grandes quantidades de energia sem grandes variações de temperatura. De fato, a água é uma das substâncias na natureza que possui o maior calor específico, com valor aproximado de 4.186 J/kg°C, isso significa que para modificar em 1°C a temperatura de 1 kg de água, são necessários 4.186 J de energia.

Assim, a energia térmica armazenada em uma determinada massa de água pode ser calculada usando a equação fundamental da calorimetria:

$$Q = m c \Delta T$$

Onde:

- **Q**: quantidade de calor (energia) armazenada ou liberada (J);
- **m**: massa da água (kg);
- **c**: calor específico da água (4.186 J/kg°C)
- **ΔT**: variação de temperatura (°C).

O alto **calor específico (c)** da água associado à sua abundância é a razão pela qual os oceanos atuam como os maiores reservatórios térmicos do planeta. Sem os oceanos, as oscilações de temperatura seriam extremas, tornando o planeta inóspito para a vida de quase todas as espécies de animais e vegetais existentes no planeta, pois, além de absorver e armazenar grandes quantidades de energia térmica, funcionando como um gigantesco reservatório térmico, os oceanos também agem redistribuindo calor pelo globo terrestre através das correntes de circulação oceânicas, fato que pode ser explicado pela definição física de convecção térmica e pela dependência direta da concentração da mistura água e sal.

Essas correntes são formadas essencialmente devido à ação dos ventos e a diferenças de temperatura e salinidade da água. Esse fenômeno conhecido como circulação termoalina, ocorre devido ao fato de que águas mais quentes e menos salinas possuem densidade menor tendendo a ocupar as camadas superiores das massas de fluido, enquanto águas mais frias e salinas são mais densas buscando ocupar as camadas mais profundas, formando gigantescas correntes de convecção, transportando calor que regula o clima global. Dessa forma, os oceanos, não

contribuem apenas para estabilizar a temperatura global, evitando uma amplitude térmica extrema, mas também influencia diretamente na homogeneização de temperatura no planeta, tendo relação direta com o clima, os padrões de vento e os ciclos hidrológicos.

### 2.3 MUDANÇAS CLIMÁTICAS E O PAPEL DA EDUCAÇÃO

As mudanças climáticas têm origem num fenômeno físico denominado efeito estufa, um fenômeno natural e fundamental para a vida na Terra. De fato, é esse fenômeno que garante temperaturas amenas no planeta, pois sem ele, a temperatura média do planeta seria muito baixa, da ordem de 18°C negativos (Brasil, 2024). O efeito estufa pode ser explicado simplificadamente da seguinte forma:

Parte da energia solar que chega ao planeta é refletida diretamente de volta ao espaço, ao atingir o topo da atmosfera terrestre - e parte é absorvida pelos oceanos e pela superfície da Terra, promovendo o seu aquecimento. Uma parcela desse calor é irradiada de volta ao espaço, mas é bloqueada pela presença de gases de efeito estufa que, apesar de deixarem passar a energia vinda do Sol (emitida em comprimentos de onda menores), são opacos à radiação terrestre, emitida em maiores comprimentos de onda (Brasil, 2024).

Desde o século passado, cientistas têm alertado sobre a estreita relação entre o aumento da concentração de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera e o consequente aumento da temperatura média do planeta. Estudos também apontam que esse aquecimento pode provocar alterações no equilíbrio climático do planeta, resultando em graves consequências como:

previsão de uma maior frequência de eventos climáticos extremos (nevascas, tempestades tropicais, tornados, furacões, inundações, ondas de calor e secas), com consequências graves para as populações humanas e ecossistemas naturais, levando a extinção de inúmeras espécies de plantas, animais terrestres e aquáticos, além de microorganismos. (Miranda, Abreu e Carvalho, 2016, p. 124)

Historicamente o aumento da concentração de gases estufa, sendo o principal deles o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), está relacionado ao surgimento das primeiras máquinas térmicas durante a Revolução Industrial. A partir desse período intensificou-se de forma abrupta a queima de combustíveis fósseis alterando de forma incontestável um equilíbrio que se manteve durante um longo intervalo de tempo.

Sabe-se que esse equilíbrio foi alterado, através da análise do que se denomina testemunho do gelo,

Em 1987, cientistas da estação Vostok na Antártica analisaram cilindros de gelo (conhecidos como testemunhos de gelo) que revelaram a relação entre a concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera e a temperatura do planeta 150 mil anos atrás. Observou-se que nos períodos em que o nível de CO<sub>2</sub> atmosférico estava alto a temperatura também estava alta. Já em 1999 foi possível voltar 400 mil anos na história do clima global, cobrindo quatro eras glaciais, observando a mesma relação (Silva, 2021; p. 29).

Nesse contexto, segundo Fleury, Miguel e Taddei (2019), tem fundamental relevância no âmbito da sociologia, o conceito de *antropoceno*, posto pelo químico e Prêmio Nobel Paul J. Crutzen, para designar a época geológica atual, na qual a espécie humana representa uma força geofísica importante, capaz de alterar as condições biotermodinâmicas do planeta. De acordo com o artigo publicado na revista *Nature*, em 2002, nos três últimos séculos...

... os efeitos dos humanos no ambiente global se intensificaram. Por causa dessas emissões antropogênicas de dióxido de carbono, o clima global poderá distanciar-se significativamente do comportamento natural por muitos milênios. Parece apropriado aplicar o termo “Antropoceno” à [...] época geológica presente, dominada por humanos, que complementa o Holoceno – o período quente dos últimos dez a doze milênios. Poder-se-ia considerar que o Antropoceno começou na parte final do século XVIII, quando análises do ar preso em gelo polar evidenciaram o início das crescentes concentrações globais de dióxido de carbono e metano. Essa data também coincide com o projeto do motor a vapor de James Watt, de 1784 (CHAKRABART, 2009, p. 209).

Embora pesquisas científicas sobre o aquecimento global remontem aos anos de 1890, apresentando descobertas que ilustraram a influência do dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) no fenômeno do efeito estufa, acredita-se que as discussões sobre o aquecimento global em âmbito público se iniciaram apenas no final dos anos 1980 e começo de 1990 (Fleury, Miguel, Taddei. 2019). Essas discussões, passaram a ser incorporadas somente após o tema ganhar espaço na arena pública internacional, onde pouco a pouco, acordos e tratados entre países foram firmados desencadeando inclusive desdobramentos nos contextos subnacionais, alcançando assim um lugar de destaque na agenda política global (Bernauer, 2013).

De fato, conforme os impactos previstos se tornaram mais evidentes, a atenção ao tema aumentou, levando nesse período, à criação de uma agenda de reuniões que

se tornaria cada vez mais frequentes entre líderes mundiais. Em 1979, em âmbito internacional, ocorreu na cidade Genebra, a primeira conferência mundial sobre o clima (World Climate Conference - WCC), que contou com a participação da maior parte dos especialistas sobre o tema na época (WMO, 1979).

Seguindo essa crescente mobilização internacional, em 1985, aconteceu na Áustria a conferência intitulada de Avaliação do Papel do Dióxido de Carbono e de Outros Gases de Efeito Estufa (Assessment of the Role of Carbon Dioxide and of Other Greenhouse Gases in Climate Variations and Associated Impacts), que reuniu 89 cientistas de 23 nações (WMO, 1985).

Em 1992, foi realizada no Rio de Janeiro, a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, conhecida como Rio-92 ou Cúpula da Terra, reunindo representantes de 179 países para discutir os impactos das atividades socioeconômicas no meio ambiente. Pode-se afirmar que uma das grandes conquistas da Rio-92 foi a criação da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC<sup>3</sup>) (ONU, 1992). Essa conferência marcou o início de uma maior estruturação em nível mundial para tratar especificamente das demandas referentes as mudanças climáticas, servindo inclusive de base para a realização de acordos como o protocolo de Quioto e o acordo de Paris.

Nesse contexto, de acordo com Fleury, Miguel e Taddei (2019), é possível observar que apesar das dificuldades, que vão desde controvérsias científicas relacionadas ao tema, até desafios na comunicação envolvendo atores enredados na arena de decisões, o tema “Mudanças climáticas” tem demonstrado grande potencial para se questionar as formas tradicionais de se pensar a sociedade e sua relação com a natureza, exigindo dessa forma novas abordagens para a ação política e organização social. É nesse contexto que temas como, justiça ambiental, conflitos socioambientais e geopolítica da natureza passam a ganhar relevância, embora as discussões teóricas e soluções práticas se apresentem, de modo geral, ainda incipientes.

---

<sup>3</sup> UNFCCC. Sigla direta do original em inglês *United Nations Framework Convention on Climate Change*. Desde 1997, quando se firmou o primeiro grande acordo para o refreamento da crise climática, pelo protocolo de Quioto e, em 2015, o Acordo de Paris cujo objetivo se vinculou à contenção e estabilização das emissões de gases do efeito estufa na atmosfera. Doravante, sua alusão neste texto será diretamente por esta forma.

Dessa forma, trabalhando com base em evidências fornecidas pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima vem promovendo espaço de negociação política onde são discutidas ações com o objetivo de mitigar os efeitos das mudanças climáticas. O IPCC foi criado pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) em 1988 com o objetivo de fornecer aos formuladores de políticas, avaliações científicas regulares sobre a mudança do clima, suas possíveis causas e consequências, constituindo assim em um instrumento essencial para as negociações internacionais relacionadas ao enfrentamento das mudanças climáticas.

Em âmbito nacional, foi criada em 29 de dezembro de 2009, a lei nº 12.187, que institui a política nacional de mudanças climáticas (PNMC), estabelecendo princípios, objetivos, diretrizes e os instrumentos a serem seguidos para alcançar as metas acordadas pela UNFCCC, em especial as metas propostas pelo Protocolo de Quioto e o Acordo de Paris (Brasil, 2009).

É importante ter consciência que para serem atingidos os objetivos propostos pela PNMC é imprescindível a atuação individual e coletiva da população, pois combater as causas, assim como prevenir e amenizar os impactos previstos pelas mudanças climáticas requerem uma boa dose de conhecimento e conscientização, fazendo-se necessária a composição de uma cultura de sustentabilidade que permeie todas as esferas da sociedade. Nesse sentido é importante que a população não apenas cumpra seu papel individual, como também exerça sua cidadania, acompanhando e cobrando dos nossos representantes ações que estejam em sintonia com as demandas socioambientais impostas pelo aquecimento global.

Um bom exemplo que pode ser colocado, em relação a importância da educação e exercício consciente da cidadania, é o não atingimento da meta de mitigação das emissões de gases de efeito estufa, estabelecida na PNMC, com vistas em reduzir entre 36,1% (trinta e seis inteiros e um décimo por cento) e 38,9% (trinta e oito inteiros e nove décimos por cento) as emissões projetadas até 2020. De acordo com dados encontrados no documento que aponta a situação das metas assumidas na Lei nº 12.187/2009-PNMC, o Brasil vinha trilhando um caminho que o colocava numa posição confortável para atingir a meta mais ousada acordada, mas com a mudança no governo federal a política de Estado não foi respeitada, e a consequência

disso foi que o Brasil passou longe de atingir até a meta mais modesta acordada na PNMC (Instituto Talanoa, 2020). Atingir essa meta significaria fortalecer uma base para exigir de outros países signatários o cumprimento das metas de descarbonização estabelecidas o que poderia fortalecer uma reação em cadeia na direção de ações globais de sustentabilidade. Nesse contexto, uma população consciente, bem-informada e capacitada para o exercício da cidadania, tende a se posicionar de forma alinhada com aspectos que sobrepõem meras diferenças de ideologia política.

Seguindo nessa linha, uma informação de extrema relevância que deve ser difundida em meio a população, e que a educação desempenha um papel de destaque nesse sentido, é que a maior parte das emissões de gases de efeito estufa estão, no nível mundial, relacionadas com a geração de energia elétrica através do funcionamento de usinas termoelétricas; porém o Brasil não se enquadra nesse cenário, pois a sua matriz energética é majoritariamente advinda das usinas hidrelétricas, além de existir também de forma significativa energia gerada em usinas eólicas e solares. No Brasil, as usinas termoelétricas existentes são acionadas em casos de escassez hídricas nos reservatórios. Observa-se também no contexto brasileiro, que a maior parte das emissões de gases do efeito estufa estão relacionados a mudança de uso do solo, estando essas ações concentradas em grande parte na região amazônica. Essas práticas estão associadas geralmente a atividades agrícolas e agropecuárias que ainda seguem moldes ultrapassados e ambientalmente insustentáveis. Essa mudança de ocupação no uso do solo, implica na supressão de sumidouros de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e a consequente transferência do carbono armazenado na floresta em dióxido de carbono na atmosfera através das queimadas, que são ainda hoje uma prática comum.

Nesse contexto a educação é um princípio para a Política Nacional de Mudanças Climáticas, além de diretriz e instrumento para atingir os objetivos estabelecidos pelo referido documento, promovendo a conscientização pública sobre mudança do clima, incentivando a participação cidadã e conscientizando sobre a responsabilidade e o dever de atuar, em benefício das presentes e futuras gerações, para a redução dos impactos decorrentes das interferências antrópicas sobre o sistema climático.

A partir de 15 de outubro de 2024 passou a vigorar a Lei nº 14.926, alterando a Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999, que institui a Política Nacional de Educação

Ambiental (PNEA). As alterações concebidas visão assegurar atenção às mudanças do clima, à proteção da biodiversidade e aos riscos e vulnerabilidades a desastres socioambientais no âmbito da Política Nacional de Educação Ambiental. Dentre as alterações concebidas, passa a ser incluído no art. 5º, inciso VIII, mais um objetivo fundamental da Educação Ambiental, a saber:

O estímulo à participação individual e coletiva, inclusive das escolas de todos os níveis de ensino, nas ações de prevenção, de mitigação e de adaptação relacionadas às mudanças do clima e no estancamento da perda de biodiversidade, bem como na educação direcionada à percepção de riscos e de vulnerabilidades a desastres socioambientais (Brasil, 2024).

A referida Lei nº 14.926/2024 também alterou o art. 8º, §3º, incluindo que as atividades vinculadas à Política Nacional de Educação Ambiental devem ser desenvolvidas, na educação escolar e na educação informal, por meio de ações de estudos, pesquisas e experimentações que voltar-se-ão para,

O desenvolvimento de instrumentos e de metodologias com vistas a assegurar a efetividade das ações educadoras de prevenção, de mitigação e de adaptação relacionadas às mudanças do clima e aos desastres socioambientais, bem como ao estancamento da perda de biodiversidade (Brasil, 2024).

Destaca-se no art. 10, que estabelece que a Educação Ambiental deve ser desenvolvida como uma prática educativa integrada, contínua e permanente em todos os níveis e modalidades do ensino formal, a inclusão do §4º, a saber:

Será assegurada a inserção de temas relacionados às mudanças do clima, à proteção da biodiversidade, aos riscos e emergências socioambientais e a outros aspectos referentes à questão ambiental nos projetos institucionais e pedagógicos da educação básica e da educação superior, conforme diretrizes estabelecidas pelo Conselho Nacional de Educação, no uso de suas atribuições legais (Brasil, 2024).

Convergindo com os esforços federais no combate as causas e efeitos esperados das Mudanças Climáticas, em nível estadual, passou a vigorar no dia 07 de janeiro de 2011, a Lei nº 12.050, que institui a Política sobre Mudança do Clima do Estado da Bahia. Essa Lei integra as diretrizes impostas pela PNMC às peculiaridades existentes no contexto do estado da Bahia. No âmbito da educação, essa lei sinaliza em seu art. 3º, inciso VII, que a Política Estadual sobre Mudança do Clima é regida

pelo princípio da Educação ambiental com o fim de capacitar a sociedade acerca da progressiva ampliação da compreensão dos fenômenos relacionados às mudanças do clima (Bahia, 2011).

Ainda no âmbito educacional, no art. 5º, inciso XIII, a Política Estadual sobre Mudança do Clima aponta como uma de suas diretrizes,

a promoção de educação ambiental, de que resulte a capacitação e compreensão sobre mudança do clima e suas consequências, de forma a provocar a participação dos diversos segmentos da sociedade civil organizada na gestão integrada e compartilhada dos instrumentos desta Lei (Bahia, inciso XIII, Art. 5º, Lei nº 12.050/2011).

Dessa forma, como afirma o art. 6º, inciso XXVII, da Política Estadual sobre Mudança do Clima, a educação se enquadra como um dos instrumentos para se alcançar os objetivos da referida lei, reforçando o pacto de combate as mudanças climáticas presente em acordos internacionais e regulamentados nos normativos nacionais.

Outro documento relevante em nível estadual, é a Resolução CEE Nº 262, de 05 de novembro de 2024, o qual dispõe sobre a Educação Ambiental no Sistema Estadual de Ensino da Bahia, para integrar ajustes à Lei Federal nº 14.926, de 17 de julho de 2024, que altera a Política Nacional de Educação Ambiental para assegurar atenção às mudanças do clima. Dessa forma, a presente Resolução institui normas complementares, que devem orientar o desenvolvimento de currículos nas instituições públicas e privadas integrantes do Sistema Estadual de Ensino da Bahia, de modo a assegurar atenção às diversas questões relacionadas à mudança do clima, como pode ser observado no art. 2º, parágrafo único, que afirma:

A consecução curricular da Educação Ambiental deve reafirmar a busca de alternativas que priorizem o fomento à compreensão das causas das mudanças climáticas, seus impactos e suas implicações nos desastres socioambientais, bem como melhor informar a respeito das tomadas de decisões, baseadas no potencial científico, moral, filosófico e tecnológico, disponível para a humanidade, em vista da consolidação de estratégias que conduzam ao refreamento da perda de biodiversidade e a uma cultura regenerativa da natureza, baseada em valores ecológicos universais e informações científicas consolidadas (Bahia, Resolução CEE nº 262/2024, parágrafo único, Art. 2º).

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) é um documento de caráter normativo que estabelece um conjunto de aprendizagens essenciais que todos os

alunos devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica em âmbito Nacional. Prevista na Constituição de 1988, na Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) de 1996 e no Plano Nacional de Educação (PNE) de 2014, a BNCC reafirma o compromisso do Estado Brasileiro com a promoção de processos educativos que favoreçam aprendizagens sintonizadas com os desafios da sociedade contemporânea (Brasil, 2017).

Para cumprir seus objetivos, a BNCC baseia-se em direitos de aprendizagem, articulados em dez competências gerais que orientam o desenvolvimento escolar na Educação Básica. Além das dez competências gerais que devem ser desenvolvidas ao longo de toda a Educação Básica, a BNCC está estruturada de modo a explicitar também as competências e habilidades específicas para cada etapa de escolaridade. Na BNCC do Ensino Médio, cada área do conhecimento possui suas competências específicas, cujo desenvolvimento deve ser promovido tanto no âmbito da BNCC como dos itinerários formativos das diferentes áreas (Brasil, 2017).

Conforme a BNCC, cabe aos sistemas, redes de ensino e escolas, dentro de suas respectivas autonomias e competências, incorporar nos currículos e propostas pedagógicas a abordagem de temas contemporâneos que impactam a vida humana em escalas local, regional e global, preferencialmente de forma transversal e integrada, destacando-se entre esses temas a educação ambiental (Lei nº 9.795/1999, Parecer CNE/CP nº 14/2012 e Resolução CNE/CP nº 2/2012). A BNCC, ao estabelecer as aprendizagens essenciais na educação básica, inclui a temática ambiental como parte integrante do currículo, promovendo o desenvolvimento de competências relacionadas à consciência socioambiental e à sustentabilidade. Esses temas são contemplados na BNCC através das habilidades dos componentes curriculares, devendo ser tratados de forma contextualizada conforme as especificidades de cada sistema de ensino e escola (Brasil, 2017).

No contexto do desenvolvimento e implementação de práticas pedagógicas voltadas a promover a conscientização das causas e impactos previstos das Mudanças Climáticas, destaca-se, especificamente na área de Ciências da natureza e suas tecnologias, as seguintes competências e habilidades:

**Competência específica 1** - Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos,

minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e/ou global (Brasil, 2017).

**(EM13CNT102)** - Realizar previsões, avaliar intervenções e/ou construir protótipos de sistemas térmicos que visem à sustentabilidade, com base na análise dos efeitos das variáveis termodinâmicas e da composição dos sistemas naturais e tecnológicos (Brasil, 2017).

**(EM13CNT106)** - Avaliar tecnologias e possíveis soluções para as demandas que envolvem a geração, o transporte, a distribuição e o consumo de energia elétrica, considerando a disponibilidade de recursos, a eficiência energética, a relação custo/ benefício, as características geográficas e ambientais, a produção de resíduos e os impactos socioambientais (...) (Brasil, BNCC, 2017).

Em setembro de 2015, quando a Organização das Nações Unidas (ONU) comemorava seu septuagésimo aniversário, líderes mundiais se reuniram em Nova York, na sede das Nações Unidas, para decidir sobre os novos objetivos globais de desenvolvimento sustentável (ODS), que iriam compor a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. A Agenda 2030 é um documento que propõe 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) e 169 metas correspondentes a serem alcançados pelos países membros até o ano de 2030. Dentre esses objetivos e metas presentes na Agenda 2030, estão o direcionamento de ações específicas para o combate as causas e consequências previstas pelas Mudanças Climáticas (ONU, 2015).

Dentre os 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável presentes na agenda 2030, o ODS 13 representa a sistematização de esforços direcionados a promover em nível global a mitigação das causas e adaptação as consequências previstas das mudanças climáticas. Dentre as metas estabelecidas para esse objetivo, destaca-se, no âmbito educacional, a meta 13.3 que aponta a importância da educação para combater as alterações climáticas e os seus impactos, estabelecendo que se deve “Melhorar a educação, aumentar a conscientização e a capacidade humana e institucional sobre mitigação, adaptação, redução de impacto e alerta precoce da mudança do clima” (ONU, 2015).

Dessa forma, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) estabelecem diretrizes fundamentais para a educação contemporânea, visando a formação de cidadãos críticos e comprometidos com o futuro do planeta. No contexto das mudanças climáticas, a interseção entre esses dois documentos se torna essencial para fundamentar práticas educativas

voltadas a promover que as novas gerações compreendam a complexidade do problema e possam atuar de maneira efetiva em sua mitigação e adaptação.

Nesse contexto, como apontado nos diversos documentos supracitados, a educação possui um papel preponderante em discutir as bases científicas referentes as origens e impactos previstos das Mudanças Climáticas, devendo assim nortear o pensamento coletivo e o senso comum, alinhando-se com a demanda de práticas sustentáveis, estimulando a tomada de decisões informadas e fornecendo os instrumentos necessários para a sociedade se posicionar diante desse cenário. Dessa forma, a conscientização e o entendimento dos impactos das atividades humanas no planeta são fundamentais para empoderar as gerações presentes e futuras na busca por soluções sustentáveis.

## **2.4 INTERDISCIPLINARIDADE E CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

Observando as relações naturais que embasam a vida humana na Terra, percebemos que a natureza possui mecanismos próprios de autorregulação, de modo que essas relações tendem a se equilibrar. Porém nosso *status quo* ambiental revela que as interações humanas com o meio ambiente, em diversas formas e intensidades, têm frequentemente resultado em graves desequilíbrios ambientais. Essas questões não apenas ameaçam o equilíbrio da natureza, mas também colocam em risco a sobrevivência e o bem-estar das gerações presentes e futuras.

Compreender e enfrentar a problemática ambiental contemporânea exige um olhar que não se limite a aspectos ecológicos, pautados em análises que utilizam apenas conhecimentos das ciências biológicas. Nesse sentido à educação, no seu importante papel de formar cidadãos informados e conscientes, cabe conceber processos educacionais imbuídos do compromisso em promover uma visão mais ampla da questão. De acordo com Trivelato e Silva (2011, p. 23),

na área de ciências, as relações entre os conteúdos curriculares e a temática ambiental são mais facilmente reconhecidas, uma vez que temas como biodiversidade, fotossíntese, cadeia alimentar, ecossistema, entre outros, já fazem parte do programa. Mas o professor de ciências deve procurar discutir com as outras áreas as possibilidades de conexões, pois os conceitos de ecologia não esgotam a complexidade da temática ambiental. (Trivelato e Silva, 2011, p. 23).

Nesse contexto a temática ambiental deve ser abordada de forma interdisciplinar, integrando conhecimentos de diversas áreas para compreender e enfrentar as problemáticas ambientais. Dessa forma a interdisciplinaridade visa romper com a fragmentação do conhecimento, permitindo a compreensão dos problemas ambientais de forma holística. No âmbito educacional esse tipo de abordagem favorece o desenvolvimento de competências e habilidades essenciais para a resolução de problemas complexos, como as mudanças climáticas, favorecendo a comunicação e a colaboração entre diferentes áreas do saber. Segundo Carvalho (1998, p. 9) podemos definir interdisciplinaridade como:

(...) uma maneira de organizar e produzir conhecimento, buscando integrar as diferentes dimensões dos fenômenos estudados. Com isso, pretende superar uma visão especializada e fragmentada do conhecimento em direção à compreensão da complexidade e da interdependência dos fenômenos da natureza e da vida. Por isso é que podemos também nos referir à interdisciplinaridade como postura, como nova atitude diante do ato de conhecer. (Carvalho, 1998, p. 9)

Nessa perspectiva a visão interdisciplinar, compreende na análise das questões ambientais, tanto a dimensão das ciências naturais quanto das sociais, pois entende-se que os problemas ambientais são sistemas complexos, nos quais intervêm processos de diferentes racionalidades. Segundo Leff (2000, p. 20),

A problemática ambiental é o campo privilegiado das inter-relações sociedade- natureza, razão pela qual seu conhecimento demanda uma abordagem holística e um método interdisciplinar que permitam a integração das ciências da natureza e da sociedade". (Leff, 2000, p. 20).

Dessa forma, é crucial promover dinâmicas educacionais que incentivem a participação ativa dos estudantes na análise de problemas reais, transformando o processo educativo em um diálogo contínuo entre teoria e prática, buscando base científica de diversas áreas de conhecimento, sendo essa uma postura essencial para enfrentar os desafios ambientais contemporâneos. Dessa forma como aponta Leff (2000) a interdisciplinaridade envolve o processo constante de integração de conhecimentos, práticas e processos que vai além das fronteiras tradicionais da pesquisa e do ensino, ultrapassando as divisões convencionais das disciplinas científicas e suas possíveis conexões.

Nesse ponto, inclui-se a referência à prof<sup>a</sup>. Ivani Fazenda<sup>4</sup> no trato da presença e significação que a interdisciplinaridade passou a ter no ambiente escolar brasileiro, acentuando-se os numerosos trabalhos conexos à temática da interdisciplinaridade sob inúmeros pontos de vista. Na sua perspectiva a interdisciplinaridade passou a representar caminhos didáticos pelos quais os saberes dos componentes curriculares se interrelacionam num intrincado jogo de correlações, com destaque para a ruptura com o saber exclusivamente especializado e se constróem, juntamente com ele, os encadeamentos que traduzem e refletem mutualidades, múltiplas articulações, reciprocidades, interações, eliminação de posicionamentos fragmentários e no seu lugar se dê lugar à compreensão de nexos de totalidades implícitas, descritores que são da complexidade de um fato, de uma ideia, de um esquema compreensivo para fenômenos que sejam percebidos como uma rede de significados.

Certamente que isso se aplica ao trato para o ensino das Mudanças Climáticas, empreendido por esta dissertação. Assim, o fenômeno do efeito estufa foi desdobrado na sua multiplicidade de elos: os históricos; os econômicos e suas implicações com a quebra de ruptura com o equilíbrio termodinâmico; os políticos que envolvem as predisposições para a mitigação, para reposição daquilo que foi modificado e com a tomada de decisões certas para impedir colapso; o eminentemente técnico para o entendimento de regras da física e da biologia, possibilitadoras das aprendizagens especializadas mas não por isso definidoras dos discernimentos múltiplos, que formam a rede de compreensões das mudanças climáticas; das correlações entre os diferentes aspectos implícitos à temática com exigência de nexos entre os diferenciados componentes curriculares, estas, sim – as correlações –, articuladoras dos discernimentos múltiplos!

---

<sup>4</sup> Coloca-se aqui o texto da contra-capá do livro "Interdisciplinaridade: História, teoria e pesquisa": "Quando se começa a trabalhar com as questões da Interdisciplinaridade (e já estou nisso desde o início dos anos 70), pode-se imaginar para onde pretendemos nos encaminhar; porém, é totalmente impossível prever o que será produzido e em que quantidade. Poderes novos e energias diferentes acabam por invadir a vida daquele que a esses estudos se dedica. É preciso aprender a navegar entre a loucura que atividade interdisciplinar desperta e a lucidez que a mesma exige. Ao buscar um saber mais integrado e livre, a Interdisciplinaridade conduz a uma metamorfose que pode alterar completamente o curso dos fatos em Educação; pode transformar o sombrio em brilhante e alegre, o tímido em audaz e arrogante e a esperança em possibilidade." Ivani Fazenda, **Interdisciplinaridade: História, teoria e pesquisa**, 11<sup>a</sup> ed., 2003, Copr. 1994. Ver bibliografia in fini.

Evidentemente, a trajetória da interdisciplinaridade sob o registro do trabalho da prof<sup>a</sup>. Ivani Fazenda mudou a perspectiva do campo da prática de ensino como lugar de reflexão e (re)construção, como bem descreve Haas (2011)<sup>5</sup>, na seguinte ponderação:

Ao falar em Interdisciplinaridade, Fazenda a considera “uma relação de reciprocidade, de mutualidade, que pressupõe uma atitude diferente a ser assumida frente ao problema de conhecimento, ou seja, é a substituição de uma concepção fragmentária para unitária do ser humano”. Vai mais longe, ainda, ao assegurar que o diálogo é a “única condição de possibilidade da interdisciplinaridade”. Mais algumas 58 categorias são colocadas para desenhar o percurso da interdisciplinaridade, como: sensibilidade, intersubjetividade, integração e interação, esta considerada a efetivação da interdisciplinaridade, pois provoca a integração das partes, dos conhecimentos que provocam novas perguntas e com isso novas respostas... (Haas, 2011, p. 57).

Assim, nesse contexto, especialmente sob uma perspectiva interdisciplinar, esta dissertação que aborda a temática das mudanças climáticas — talvez o desafio mais premente e interconectado do século XXI — apresenta grande relevância no âmbito do Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional para o Ensino das Ciências Ambientais (PROFCIAMB). Isso porque, ao tratar de um tema complexo, que exige uma visão holística que integre elementos de diferentes racionalidades para sua análise, a pesquisa favorece o diálogo de saberes entre diferentes áreas do conhecimento no interior da própria rede, promovendo assim uma abordagem interdisciplinar diante da temática em questão.

A comparação entre os instantes de percepção dos estudantes que participaram da pesquisa, registrada a partir da página 53, torna visível esses vestígios. Neles, sob o signo dos diálogos, das intersubjetividades, das interações e das integrações que permeiam as resignificações de fatos, de fenômenos, de notícias e de registros públicos a respeito das Mudanças Climáticas.

---

<sup>5</sup> Nesse ensaio sobre **A Interdisciplinaridade em Ivani Fazenda: construção de uma atitude pedagógica**, a prof<sup>a</sup> Célia Maria Haas conduz uma retrospectiva sobre o caminho da interdisciplinaridade na pedagogia brasileira, a partir de Ivani Fazenda e seu ideário de ação para o entendimento da prática pedagógica, explicitando a prática como percurso entre o concebido, o pensado, o sentido e o realizado, mutuamente impregnados pela sensibilidade, dialogicidade, intersubjetividade, interação e integração entre conceitos e integração entre saberes. Ver bibliografia *in fini*.

### 3 PLURALISMO METODOLÓGICO NO CONTEXTO DA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA

Considerando a perspectiva educacional brasileira, que traz no seu cerne o objetivo da universalização do direito a educação, com certeza um dos grandes desafios para se chegar a esse objetivo é conseguir promover o interesse e a motivação do estudante durante todo o percurso escolar, pois não basta garantir apenas o seu acesso e permanência através das inúmeras políticas públicas que visam alcançar esse direito fundamental, é necessário também que o processo educacional faça sentido para o estudante. Nesse contexto, fazer sentido, vai além da escolha e contextualização dos conteúdos, passa também pela escolha dos métodos de abordagem empreendidos em sala de aula. De acordo com Orço, Iop e Gai (2018, p. 136),

(...) se faz necessário em âmbito escolar e sala de aula, o reconhecimento e a promoção com respeito as diversidades individuais, caso contrário, a escola será o instrumento de exclusão social dos diferentes.

Partindo do princípio de que “somos todos iguais, porém diferentes”, e que dessa forma temos nossas semelhanças, mas também possuímos nossas singularidades, é natural considerar que devemos ter, além de diferentes interesses, motivações, curiosidades, paixões, entre outras individualidades, preferências distintas dentre as diversas maneiras de se aprender algo novo. De acordo com Lorenzato (2010, p. 33),

Não existe alunos iguais: há diferenças entre os alunos de uma mesma série, entre os de uma mesma turma; entre distintos momentos de um mesmo aluno. Cada aluno é um grande complexo de fatores que abrangem as áreas física, afetiva, social e cognitiva; eles estão em desenvolvimento simultâneo e com ritmos diferentes.

Dessa forma Laburú, Arruda e Nardi (2003, p. 257) reforçam afirmando,

A constatação mais imediata que se pode fazer dentro de uma sala de aula é a de não haver uma atividade singular, um método único de ensino que seja bem-sucedido com todos os aprendizes [...] ou seja, não existem procedimentos metodológicos que satisfaçam a todos os estudantes; a aprendizagem é um fenômeno complexo e depende, dentre outros, de fatores psicológicos e sociais que, por sua vez estão ligados às faixas etárias dos estudantes. Assim, as escolhas metodológicas a serem feitas pelo professor dependem, também, de quem se quer atingir na sala de aula.

Nesse sentido, reconhecendo o direito à educação como um princípio fundamental, cabe ao professor diante da sua difícil tarefa, reconhecer a natureza essencialmente diversa de uma sala de aula, e procurar, da melhor forma possível, contemplar essa heterogeneidade apresentando propostas didático-metodológicas diversificadas, valorizando aspectos cognitivos, emocionais, diferenças culturais, socioeconômicas, habilidades físicas, entre outras. Dessa forma, a sala de aula se configura como espaço de desenvolvimento cognitivo e formação social, onde deve-se reconhecer as diferenças individuais contribuindo assim para que os alunos possam exercer sua cidadania e participar ativamente nos contextos sociais, econômicos, políticos e culturais (Orço; Iop, Gai, 2018).

Assim o pluralismo didático metodológico (pluralismo metodológico) enfatiza o uso de métodos de ensino variados para atender aos diversos estilos de aprendizagem dos alunos, promovendo o interesse e o engajamento. O pluralismo metodológico é baseado nos conceitos articulados por Paul Feyerabend, doutor em Física, filósofo, especialista em teatro e doutor *honoris causa* em Letras e Humanidades. Em seu trabalho acadêmico intitulado “Contra o método”, ele critica a premissa do monismo metodológico, que se baseia no pressuposto de que uma única metodologia singular pode garantir a geração de conhecimento. Nesse sentido, suas perspectivas contrastam fortemente com a ideia de utilizar um único método e/ou procedimentos para delinear o processo de educação (Regner, 1996).

É importante frisar que este estudo adota o pluralismo didático metodológico em convergência com a concepção de Myriam Krasilchik sobre modalidades didáticas, onde a autora afirma que “qualquer curso deve incluir uma diversidade de modalidades didáticas, pois cada situação exige uma solução própria; além de que, a variação das atividades pode atrair e interessar os alunos, atendendo às diferenças individuais” (Krasilchik, 2008, p.79). Dessa forma o trabalho aqui desenvolvido não dialoga com a ideia de anarquismo epistemológico, se restringindo apenas a proposta de utilizar um amplo leque de estratégias didático-metodológica para poder atender melhor a diversidade inerente a toda sala de aula.

Dessa forma, concordando com Laburú, Arruda e Nardi (2003, p. 247), acreditamos que esse estratagema didático seja potencialmente mais eficaz para a aprendizagem, na medida em que procura dar conta do espectro de questões que se apresentam na sala de aula. Esse conceito pluralista aqui empregado significa sobretudo a rejeição da ideia de um método único para ensinar e não uma rejeição

aos métodos em si (Regner, 1996). Dessa forma, o objetivo fundamental da abordagem pluralista não é substituir uma categoria de regras por outra dentro da mesma estrutura, mas afirmar que todo modelo e metodologia, incluindo os mais comuns, possuem benefícios e limitações (Laburu; Nardi; Arruda, 2003).

Retomando a discussão sobre a importância, de se promover o respeito à diversidade dentro do ambiente escolar, a fim de evitar que ela se torne um instrumento de exclusão social dos diferentes, analisemos a seguinte situação. É comum, nos diálogos entre professores sobre o comportamento dos alunos, haver divergência quanto aos relatos da postura de determinados alunos durante as aulas. Então, partindo do pressuposto que em geral, os professores adotam em suas aulas, um padrão predominante do ponto de vista didático metodológico, isso sugere a maior ou menor adaptação daquele aluno mediante uma forma de abordagem em sala, o que assim se reflete na diferença de sua postura. Dessa maneira, verifica-se o caráter estritamente singular das relações, em que, diante de um mesmo estímulo, diferentes indivíduos podem apresentar variadas reações. Laburú, Arruda e Nardi (2003) em concordância apontam que,

num sentido genérico, pode-se afirmar que todo ensino, como atividade humana, é intercultural, devido às múltiplas identidades microculturais de todos os estudantes e, por essa razão, os indivíduos reagem e são afetados diferentemente pelas ações dos professores. (LABURÚ, ARRUDA e NARDI, 2003, p. 252).

E, com o olhar de Laburú, Arruda e Nardi (2003), reafirmamos que, devido às limitações inerentes a cada metodologia, somente o princípio proposto por Feyerabend, muitas vezes chamado de regra do “vale tudo”, possui o potencial necessário para lidar com o caráter naturalmente diverso do ambiente escolar. Essa proposta metodológica não busca resolver todos os problemas presentes no processo de ensino aprendizagem, o que se busca principalmente é criar situações mais propícias ao envolvimento de um maior número de estudantes dentro da sala de aula, e que este por sua vez se sinta contemplado em algum momento por uma metodologia que se adequa melhor ao seu processo de aprendizagem.

Como afirmam Delizoicov, Angotti e Pernambuco, “não há como ensinar alguém que não quer aprender, uma vez que a aprendizagem é um processo interno que ocorre como resultado da ação de um sujeito”. Nesse contexto, o que propõe a abordagem pluralista é respeitar esse processo interno de aprendizagem,

desenvolvendo uma ampla gama de variedade de atividades, favorecendo assim os diversos perfis de alunos, buscando ao máximo estar em sintonia com a individualidade dos estudantes, sempre levando em consideração as diversidades cognitivas, emocionais e comportamentais de uma forma geral.

Dessa maneira, “só é possível ao professor mediar, criar condições, facilitar a ação do aluno de aprender, ao veicular um conhecimento como seu porta-voz” (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, p.94). Nesse sentido, “talvez o primeiro ponto seja reconhecer que esse aluno é, na verdade, o sujeito de sua aprendizagem; é quem realiza a ação, e não alguém que recebe uma ação” (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, p.94). Assim, dentro de seus limites, cabe aos professores e instituições de ensino respeitarem as diferenças como premissa de motivação para o maior número possível de indivíduos.

Outro aspecto significativo a respeito do pluralismo metodológico pode ser visto pela abordagem de um conjunto de autores que fizeram uso dessa possibilidade de trabalho de ensino, no trato da temática associada ao ensino de Biologia, como se depreende do texto “**Potencialidades do pluralismo metodológico no ensino de bacteriologia**”, publicado pela Revista Ciências & Ideias, no Vol. 15, em 2024<sup>6</sup>; aqui, os autores revelam que a modelagem didática com base na pluralidade de formas acesso ao item temático é um indicador de aprendizagens significativas bem relevantes, com convergência com a teoria de David Ausubel.

Outro exemplo em destaque é o texto “**Pluralismo didático nas aulas de ciências: um estudo metodológico sobre o sistema nervoso**”<sup>7</sup>, trabalho realizado com estudantes do 7º do ensino fundamental, de uma escola privada de Santa Maria, RGS. Publicado na Revista Brasileira de Educação em Ciências e Educação Matemática (ReBECM, Cascavel, (PR), v.9, n.2, p. 1-24, mai. 2025), os autores

---

<sup>6</sup> No texto fica esclarecido que a variabilidade nos procedimentos de ensino (...) possibilita o protagonismo, a participação ativa dos estudantes, como também a contextualização, além de propiciar o desenvolvimento de habilidades e competências distintas, promovendo assim a construção do conhecimento por meio de práticas ativas e significativas. FINSTERBUSCH, Tatiane. Potencialidades do pluralismo metodológico no ensino de bacteriologia. IFRJ, Nilópolis – RJ, **Rev. Ciênc. & Ideias**, V.15, jan-dez 2024.

<sup>7</sup> Cf. SACCOMORI, F.; CORREA, A. Noal; CHITOLINA, M. R. Pluralismo didático nas aulas de ciências: um estudo metodológico sobre o sistema nervoso com estudantes do 7º do ensino fundamental. **Revista Brasileira de Educação em Ciências e Educação Matemática**, [S. l.], v. 9, n. 2, 2025. Ver capítulo das referências.

indicam que os resultados concorrem para melhores desempenhos dos estudantes, enfatizando:

(...) a relevância do pluralismo metodológico como uma abordagem metodológica eficaz no ensino de Ciências, especialmente em temas de alta complexidade, como o Sistema Nervoso. A aplicação de estratégias diversificadas, como a construção de modelos didáticos, problematização e pesquisa e a gravação de vídeos, facilitou a assimilação de conteúdos pelos alunos, bem como promoveu maior interação e colaboração entre eles. Esses aspectos são fundamentais para a consolidação de uma aprendizagem significativa. (SACCOMORI, CORREA e CHITOLINA, 2025, p. 22).

Por outro lado, no campo do ensino dos componentes curriculares da área das ciências da natureza na educação básica, particularmente a Química, encontra-se, também, repercussão acerca da pluralidade de caminhos metodológicos. A dissertação de mestrado de Rosiane Alexandre Pena, da Universidade Federal de Mato Grosso intitulada “**Possibilidades Metodológicas para o Ensino de Química na Educação de Jovens e Adultos- EJA**”<sup>8</sup>. Neste trabalho, a pesquisadora fez um levantamento exaustivo das múltiplas estratégias de ensino à disposição da docência e da dinâmica de ensino nas escolas e, quanto à conclusão do uso de muitas delas, estrutura-se essa observação:

Os resultados dessa pesquisa demonstram que as possibilidades metodológicas (...) servem como instrumento válido para modalidade EJA, e que devem ser utilizados pelos professores desde que estejam de acordo com o contexto da realidade escolar, e com a proposta de seu planejamento, e estas por sua vez, são atividades diferenciadas, conectadas entre si, que auxiliam na compreensão dos conteúdos, promovendo uma melhoria na dinâmica do processo de ensino aprendizagem por meio da problematização das atividades desenvolvidas. Tais metodologias necessitam do empenho do professor, que para o exercício de sua profissão seja tido com fundamental para o êxito em sua aplicação. (p. 48).

Ademais, nas circunstâncias relacionadas com o descritivo das estratégias de ensino, em especial as oficinas temáticas – a exemplo das realizadas para a construção do Motor Stirling, neste trabalho – essa mesma autora faz comentários

---

<sup>8</sup> Cf. PENA, Rosiane A. **Possibilidades Metodológicas para o Ensino de Química na Educação de Jovens e Adultos – EJA**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Cuiabá, 2018. Disponível em <T3b3a322d9ce4d4db9803fe5027f6e309910c0e6b.pdf>. Acesso em 22 de abril de 2026.

concernentes à similitude de procedimentos que deem conta do contexto social dos estudantes, a seguir dispostos:

As oficinas temáticas é uma importante ferramenta metodológica, usada para promover o desenvolvimento conceitual dos alunos, seu planejamento contempla a articulação dos conceitos químicos com o contexto social, além de desenvolver novas habilidades e competências pelos alunos, pois conta com uma diversidade de metodologias e estratégias tais como a experimentação, jogos didáticos, vídeos, softwares, textos, essa pluralidade por sua vez, favorecem à motivação e a participação dos alunos na realização das oficinas (p. 38).

Com estes esclarecimentos há que se registrar o alcance que têm as escolhas de caminhos didáticos diferenciados, que caracterizam pluralidade de estratégias metodológicas nas ações de trabalho das professoras e professores que atuam nos sistema público de educação.

## 4 METODOLOGIA

A metodologia escolhida para esta pesquisa abraça uma abordagem qualitativa, pois seu objetivo é o intento de se direcionar para questões de natureza particular, como diz Minayo (2001, p. 21). A particularidade está implícita ao tratamento didático a ser dado para o tema das mudanças climáticas, nas etapas e modalidade da educação básica escolar. Nesse aspecto, a lógica da triangulação, de Flick (2009), possibilita a percepção dos diferentes entendimentos, análises especulativas diferenciadas entre si, nas distintas maneiras de focalizar um determinado assunto, com seus diversos contornos de compreensão. Por isso mesmo, favorece uma compreensão mais rica e crítica do objeto de estudo – no caso, o ensino das mudanças climáticas – contribuindo para melhor traçar um “desenho” representativo da apreensão conceitual objetiva sobre o tema das mudanças climáticas.

Nos termos da lógica da triangulação de Flick (2009,*op.cit.*), foi possível capturar a compreensão fragmentada no começo da pesquisa, com informações rudimentares e incipientes para a apreensão mais fundamentada, com refinamento e aprimoramento nos esquemas sensório-cognitivos da percepção do fenômeno das Mudanças Climáticas.. Pode-se dizer que a triangulação se deu no comparativo das etapas inicial e final, quando efetivamente o conjunto de estratégias (*clips*, filmes, experimentos, diálogos, textos, interações, debates etc., constantes no desenrolar das sequências didáticas) aciona os novos esquemas perceptivos e outros constituintes das aprendizagens.

A pesquisa sublinha traços descritivos exploratórios na temática das mudanças climáticas, na sua multifacetada representação, que abrange itens da Física, Ciências Ambientais, ciências do campo da Geografia, Ciências Pedagógicas, Legislação e seu alcance normativo.

Em extensão a essa profusão de distintos aspectos e apreensões técnicas que, evidentemente delinham inventários conceituais, normativos, procedimentais e atitudinais, projeta-se a organização do V de Gowin<sup>9</sup> (1981), um diagrama na forma

---

<sup>9</sup> O Diagrama V é um instrumento heurístico proposto originalmente por Dixie Bob Gowin (1981) – docente da Universidade de Cornell – para a análise do processo de produção de conhecimento, i. e., contendo o exame das partes desse processo e a maneira como elas se relacionam. A síntese visual

da letra “V”, em que de um lado se situam os aspectos do domínio teórico-conceitual e no outro o domínio metodológico a partir do qual se formata a compreensão de um assunto, tópico ou tarefa, ficando no centro da abertura dos dois ramos da letra “V” o foco principal da questão a ser estudada. Esse diagrama consiste em um instrumento heurístico, desenvolvido por D. Bob Gowin, que pode ser usado tanto como recurso potencializador do processo de ensino aprendizagens, como pode também ser utilizado como instrumento de análise do processo de construção do conhecimento.

No campo das Ciências Pedagógicas, particularmente, a modelagem do V de Gowin (Ferracioli, 2005) é o elemento construído especialmente para dar suporte a análise do processo de ensino-aprendizagem, durante a abordagem do tema “Mudanças Climáticas”, nas aulas de Física, no Centro Educacional Renato Pereira Viana (CERPv), localizado na cidade de Lençóis – Bahia, sob a esfera administrativa da rede estadual de ensino.

O V de Gowin é entendido como uma estrutura de significados, feita a partir de elementos chaves, por ele denominado de eventos, fatos e conceitos. Tem tradição de uso como estratégia didática para estudos de fenômenos da natureza e, para Gowin (1981, p. 34), sua construção se configura como um procedimento de pesquisa na área da Didática das Ciências da Natureza, cujo fim em si mesmo é o da modelagem de um recurso técnico de ensino que busca inventariar conexões específicas entre os registros de estudo de um evento, incorporando ao mesmo os julgamentos de fatos, inventário de assertivas de compreensão, registros diversos de percursos e de trajetórias.

#### **4.1 LOCAL E PARTICIPANTES DA PESQUISA**

A pesquisa foi desenvolvida com uma turma de estudantes do Tempo Formativo II, Segmento III, Etapa VII<sup>10</sup>, do Centro Educacional Renato Pereira Viana

---

que o diagrama na forma da letra “V” proporciona o compartilhamento de significados, por intermédio dos registros compactados em resumos descritivos das interações dos estudantes, no envolvimento deles com a compreensão de aspectos, situações e contextos. Atuou em conjunto com David Ausubel na construção da teoria da aprendizagem significativa, cujo esquema da construção do mapa conceitual é ilustrativo da sua importância quase paradigmática, para os termos da prática de ensino, bem como da teoria da aprendizagem.

<sup>10</sup> Cf. documento oficial da estrutura da EJA, da Secretaria da Educação do Estado da Bahia. Portaria SEC/BA nº 44, de 27 de janeiro de 2022. In: <https://pt.scribd.com/document/716602814/Portaria-SEC-n%C2%BA-44-2022-DOE-Tempo-Formativo>. Acesso em 25.06.2025

(CERPv) (Figura 2), localizado na cidade de Lençóis – Bahia, sob a esfera administrativa da rede estadual de ensino. A Etapa VII compõe a última etapa escolar correspondente ao Ensino Médio na modalidade da Educação de Jovens e Adultos (EJA), sendo destinado a estudantes com 18 anos ou mais que não tiveram a oportunidade de concluir seus estudos na idade apropriada.

A definição dos sujeitos da pesquisa se deu em razão da vivência do pesquisador que atua na escola desde 2013 como professor de Física. Vale ressaltar que o CERPv conta com duas turmas da Etapa VII, sendo uma turma da sede e a outra turma da escola anexa situada na zona rural de Lençóis. A turma elencada para a pesquisa foi a turma da escola anexa situada na zona rural, contendo um total de vinte e quatro alunos matriculados, onde destes alunos dois deles nunca estiveram em sala de aula.

**Figura 2** - Centro Educacional Renato Pereira Viana



Foto do Autor.

## 4.2 CARACTERÍSTICAS DO ESTUDO E COLETA DOS DADOS

A pesquisa foi estruturada de modo que a coleta de dados ocorresse por meio de observações e conversas semiestruturadas, planejadas para acontecer em dois momentos distintos durante a realização de “Rodas de Conversa”. A primeira roda de conversa ocorreu antes da intervenção didática, com o propósito de identificar o conhecimento prévio dos estudantes a respeito de tópicos fundamentais relacionados à temática das mudanças climáticas, por meio de sua argumentação. A segunda roda de conversa ocorreu após a implementação da Sequência Didática, com o intuito de

verificar se houve mudanças na argumentação dos estudantes acerca dos mesmos tópicos abordados na primeira roda de conversa. A estrutura que serviu de base para a coleta de dados durante as rodas de conversa encontra-se descrita no apêndice.

Como recurso para a análise dos dados, utilizou-se o diagrama de Gowin, tomando-o como instrumento para analisar as contribuições da sequência didática elaborada para o ensino da temática das Mudanças Climáticas. A partir das respostas dos estudantes, obtidas durante as conversas semiestruturadas, foram construídos dois diagramas em V: o primeiro, referente aos conhecimentos prévios dos estudantes, obtidos durante a primeira roda de conversa, e o segundo, construído com base na argumentação apresentada pelos estudantes após a implementação da sequência didática.

Cabe destacar que o diagrama de Gowin, neste estudo, não é utilizado como instrumento de avaliação do desempenho dos estudantes, nem como mecanismo de verificação da aprendizagem em termos quantitativos. Seu uso tem como finalidade analisar a forma como os estudantes organizam, articulam e expressam seus argumentos acerca da temática das Mudanças Climáticas, a partir das interações discursivas ocorridas durante as Rodas de Conversa.

A construção de dois diagramas em V — um anterior e outro posterior à implementação da sequência didática — permite identificar diferenças na estrutura da argumentação dos estudantes, sem pressupor uma relação de correção ou incorreção conceitual absoluta. A comparação entre esses diagramas visa evidenciar processos de reorganização e amadurecimento argumentativo, coerentes com uma concepção de aprendizagem entendida como gradual, contextualizada e não linear, em consonância com a abordagem qualitativa adotada nesta pesquisa.

Nesse contexto, a argumentação dos estudantes serviu de base para compor o lado metodológico do diagrama de Gowin, e a análise e as reflexões deste estudo ocorreram por meio da comparação entre o V de Gowin obtido antes da intervenção didática e o V de Gowin construído ao final da implementação da proposta. Aliado a esse recurso, e seguindo a lógica da triangulação proposta por Flick (2009), o processo de análise contou com contrapontos oriundos das observações diretas realizadas ao longo de todo o percurso de implementação da proposta didática.

### **4.3 ETAPAS DA PESQUISA**

**1º MOMENTO:**

- Busca pelo Referencial Teórico
- Elaboração da Sequência didática

**2º MOMENTO:**

- Roda de Conversa com os estudantes, com o objetivo de verificar seus conhecimentos prévios, seguido dos registros e montagem do diagrama V de Gowin correspondente.
- Aplicação da proposta didática em sala de aula seguido das observação e registros.
- Roda de Conversa posterior a intervenção didática, com o objetivo identificar se houve alterações na concepção dos estudantes, seguido dos registros e montagem do diagrama V de Gowin correspondente

**3º MOMENTO:**

- Análise dos resultados
- Organização do produto didático

**4.4 A SEQUÊNCIA DIDÁTICA**

A sequência didática apresentada neste estudo aborda a temática das mudanças climáticas, com foco na análise de suas origens, implicações e nos esforços da comunidade internacional para o desenvolvimento de mecanismos voltados à sua regulação. Segundo Zabala (1998, p. 18), uma sequência didática pode ser compreendida como “[...] um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de determinados objetivos educacionais, que possui um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores quanto pelos alunos”.

Para atender a esses objetivos educacionais, a sequência didática promove o ensino da Física Térmica como base conceitual para a análise do efeito estufa, do aquecimento global e de sua relação com as mudanças climáticas. Nesse processo, são estudados conceitos fundamentais da Física Térmica, tais como temperatura, calor, equilíbrio térmico, dilatação térmica, a lei fundamental da calorimetria, as formas de propagação do calor, o comportamento térmico dos gases e a Primeira Lei da Termodinâmica.

A abordagem da temática das mudanças climáticas desenvolve-se de forma interdisciplinar e fundamentada na pluralidade de estratégias didáticas, com o intuito de contemplar a diversidade inerente ao contexto da sala de aula. Essa opção pedagógica dialoga com a compreensão de que diferentes estratégias favorecem distintos processos cognitivos, princípio que se sustenta nas contribuições de Giordan (2008), ao conceber a experimentação como um dispositivo sociotécnico-cognitivo capaz de articular teoria, prática e a construção de modelos explicativos no ensino de Ciências.

Nesse sentido, a sequência didática valoriza atividades experimentais, rodas de conversa e momentos de sistematização conceitual, compreendendo esses diferentes momentos como espaços de diálogo, problematização, reflexão e construção de significados ao longo do processo de ensino-aprendizagem. A experimentação, em particular, é entendida não como mera verificação empírica, mas como espaço privilegiado de mediação conceitual, no qual os estudantes são instigados a confrontar ideias, levantar hipóteses e refletir sobre os fenômenos estudados, conforme discutido por Giordan (2008).

Essa compreensão dialoga com a abordagem da modelização no ensino de Ciências, conforme defendido por Justi (2015), ao considerar que a elaboração, a testagem e a revisão de modelos constituem processos fundamentais para a aprendizagem, favorecendo uma compreensão gradual e progressivamente mais elaborada de fenômenos científicos complexos.

A organização das atividades em grupos fundamenta-se, ainda, na compreensão dos processos grupais como espaços de interação, comunicação e construção coletiva do conhecimento. Nesse aspecto, dialoga-se criticamente com as contribuições de Kurt Lewin acerca da dinâmica de grupo, reconhecendo seu potencial para promover a participação, o engajamento e a interação entre os estudantes nos contextos educativos, sem desconsiderar os limites inerentes a tais processos.

Vale destacar que a sequência didática enfatiza a relação do ser humano com o meio ambiente, despertando um olhar crítico sobre as causas e consequências das mudanças climáticas, em especial sua conexão com o modo de produção e consumo das sociedades contemporâneas. Ressalta-se, ainda, que as emissões de gases de efeito estufa — isto é, a intervenção humana no clima do planeta — possuem origem histórica no surgimento das primeiras máquinas térmicas, durante a Revolução Industrial, iniciada na Inglaterra a partir da segunda metade do século XVIII.

Nesse contexto, a etapa final da sequência didática consiste na proposta de construção de protótipos de motores térmicos, utilizando materiais de baixo custo, os quais devem operar sem emissão de gases de efeito estufa. Tal proposta aproxima-se dos pressupostos da Educação Maker, compreendida, no contexto educacional brasileiro, como uma abordagem pedagógica que valoriza a aprendizagem por meio da ação, da experimentação e da construção de artefatos com significado, promovendo a articulação entre teoria e prática, a criatividade, a colaboração e o protagonismo estudantil (Paula, 2021; Castro; Vasconcelos, 2023; Neto, 2024).

Dessa forma, a sequência didática promove, por meio da reflexão e da ação, a imersão dos estudantes na busca por alternativas para a geração de energia limpa, estimulando a autonomia, o pensamento crítico e a compreensão do papel da ciência e da tecnologia frente aos desafios socioambientais contemporâneos.

#### 4.4.1 SÍNTESE DAS AULAS

Apresenta-se no **Quadro 1** abaixo, em ordem cronológica, os planos de aula da sequência didática. Cada Plano de aula é composto por: i) objetivos de aprendizagem; ii) atividades propostas para serem desenvolvidas na aula e; iii) os recursos necessários para a sua efetivação.

**Quadro 1 – Planos de Aula**

EXIBIÇÃO DE VIDEO
<b>1ª AULA:</b> 1 AULA DE 50 MINUTOS
<b>OBJETIVOS:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensibilizar os estudantes em relação a relevância do tema central da sequência didática.</li> <li>• Destacar elementos fundamentais relacionados ao tema central da SD.</li> </ul>
<b>ATIVIDADES:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Exibição do vídeo abordando aspectos gerais relacionados com as mudanças climáticas.</li> </ul>
<b>RECURSOS:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tv Smart e internet</li> </ul>
RODA DE CONVERSA

**2ª AULA : 2 AULAS DE 40 MINUTOS****OBJETIVOS**

- Discutir os pontos chaves mostrados no vídeo, assim listados:
  - a. Efeito estufa e aquecimento global (análise desse fenômeno à luz dos conteúdos de Física do ensino médio)
  - b. Principais gases de efeito estufa (GEE)
  - c. Atividades antrópicas que emitem GEE
  - d. Relação entre o aquecimento global e as mudanças climáticas.
  - e. Papel dos oceanos na regulação térmica do planeta.
  - f. Impactos ambientais previstos pelas Mudanças Climáticas.
  - g. Impactos socioeconômicos previstos pelas Mudanças Climáticas.
  - h. IPCC, UNFCCC e COP: origens e finalidades.
  - i. Combustíveis renováveis e não-renováveis.
  - j. Usinas de geração de energia e as emissões de GEE
  - k. Conceito de energia limpa.
  - l. Papel das florestas como sumidouros de carbono.
- Avaliar o conhecimento prévio dos estudantes por meio de sua argumentação e fazer contrapontos quanto à convergência com os pontos chaves do vídeo.
- Favorecer a reflexão e o compartilhamento de ideias sobre a temática socioambiental que o vídeo apresenta.

**ATIVIDADES**

- Abordagem dialógica, em sala de aula, das situações seguintes:
  - a. A situação do Rio Amazonas durante a severa estiagem de 2023/2024.
  - b. A catástrofe causada pelo excesso de chuva no Rio Grande do Sul em 2024.
- Efetivar a Roda de Conversa para discutir os pontos chaves do vídeo exibido na aula anterior abordando o tema “Mudanças Climáticas”.

**ESTUDO DIRIGIDO****3ª AULA: 4 AULAS DE 40 MINUTOS****OBJETIVOS:**

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Promover a investigação de informações relevantes sobre a temática das Mudanças Climáticas, através de pesquisa na rede.</li> <li>• Desenvolver a autonomia do estudante no processo de aprendizagem.</li> <li>• Favorecer a sistematização do conteúdo, por meio de questões cuidadosamente elaboradas.</li> </ul>
<p>ATIVIDADES:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar a pesquisa proposta no estudo dirigido e registrar as respostas correspondente a cada pergunta no caderno de forma individual</li> </ul>
<p>RECURSOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Chromebook com acesso à internet.</li> </ul>
<b>DEBATE E DISCUSSÕES: RESULTADOS DO ESTUDO DIRIGIDO</b>
<b>4ª AULA: 2 AULAS DE 50 MINUTOS</b>
<p>OBJETIVOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Promover a socialização, discussão e debate dos resultados obtidos do Estudo Dirigido.</li> </ul>
<p>ATIVIDADES:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar, de formas sistematizada, a socialização, discussão e debate dos resultados obtidos do Estudo Dirigido.</li> <li>• Construção coletiva de um Banner contendo uma síntese dos resultados obtidos do Estudo Dirigido e amadurecidos durante a aula.</li> </ul>
<b>EXPERIMENTOS DE DEMOSTRAÇÃO</b>
<b>5ª AULA: 2 AULAS DE 50 MINUTOS</b>
<p>OBJETIVOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Promover, através da realização de experimentos, a observação e discussão de fenômenos físicos, cuja análise é fundamental para a compreensão do efeito estufa, aquecimento e global e das mudanças climáticas.</li> </ul>
<p>ATIVIDADES:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Apresentar de forma dialogada os seguintes experimentos: <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Sensação térmica</li> <li>b. Agitação térmica</li> </ol> </li> </ul>

- c. Anel de Gravesande
- d. Dilatação dos líquidos
- e. “Dilatação” dos gases
- f. Mudança de estado físico, calor específico e latente: Curva de aquecimento da água
- g. Balão que não estoura (Capacidade térmica dos oceanos)
- h. Condução térmica
- i. Convecção térmica nos líquidos (Correntes oceânicas)
- j. Convecção térmica nos Gases (Correntes atmosféricas)
- k. Irradiação térmica
- l. Comportamento térmico dos gases
- m. Máquinas térmicas (Motor Stirling)

#### RECURSOS

- Aparatos experimentais

### AULA EXPOSITIVA DIALOGADA (Conceitos da física térmica)

#### 6ª AULA: 2 AULAS DE 50 MINUTOS

#### OBJETIVOS:

- Expor conceitos da física térmica, relacionando estes, aos fatos observados durante os Experimentos de Demonstração.

#### ATIVIDADES:

- Estudo dialogado dos seguintes conceitos:
  - a. Temperatura
  - b. Calor
  - c. Dilatação térmica
  - d. Equação fundamental da Calorimetria.
  - e. Propagação de calor
  - f. Comportamento térmico dos gases
  - g. Primeira lei da termodinâmica.

#### RECURSOS:

- Tv Smart

### AULA EXPOSITIVA DIALOGADA (mudanças climáticas à luz das leis da física)

#### 7ª AULA: 2 AULAS DE 50 MINUTOS

#### OBJETIVOS:

- Analisar dialogicamente, utilizando os conceitos físicos discutidos e as observações feitas durante os experimentos de demonstração, os fenômenos: efeito estufa, aquecimento global e as mudanças climáticas.

#### ATIVIDADES:

- Estudo dialogado dos fenômenos: efeito estufa, aquecimento global e mudanças climáticas.

#### RECURSOS:

- Tv Smart

### OFICINA DE CONTRUÇÃO DO MOTOR STIRLING

#### 8ª AULA: 6 AULAS DE 50 MINUTOS

#### OBJETIVOS:

- Promover a imersão dos estudantes nas origens das emissões de gases de efeito estufa, assim como, na busca por formas alternativas de se obter energia através de processos sem emissão de GEE.
- Relacionar o funcionamento dos motores térmicos com as emissões de GEE proveniente das usinas termoelétricas.
- Operar os Motores Stirling sem emissão de GEE

#### ATIVIDADES

- Estudo dialogado do texto que aborda os seguintes tópicos:
  - a. Máquinas térmicas e Revolução Industrial.
  - b. Modo de produção e consumo das sociedades contemporâneas.
  - c. Relação entre as emissões de gases de efeito estufa e a necessidade de energia para sustentar o modelo de produção e consumo das sociedades contemporâneas.
  - d. Energia limpa e sustentabilidade.
- Realizar oficina para a construir Motores Stirling utilizando matérias de baixo custo, e conectá-los a pequenos geradores eletromagnéticos ligados a um led.
- Operar os Motores Stirling por meio da energia solar

OBS: Será disponibilizado um suporte técnico extraescolar.

RODA DE CONVERSA
<b>9ª AULA:</b> 2 Aulas de 50 mim
<b>OBJETIVOS:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Avaliar, por meio da argumentação dos estudantes os efeitos da intervenção didática.</li> </ul>
<b>ATIVIDADES:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Efetivar uma Roda de conversa com os estudantes para avaliar o percurso de estudos e refletir sobre o que foi aprendido.</li> </ul>

## 5 PRODUTO EDUCACIONAL

Como produto educacional, apresenta-se o Manual Didático para o Ensino das Mudanças Climáticas, em formato de E-book como separata do texto dissertativo. O material foi elaborado com a finalidade de subsidiar a prática docente, promovendo a abordagem interdisciplinar da temática no contexto da Educação Básica.

## 6 RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados decorrentes das intervenções didáticas realizadas durante as aulas de Física com a turma da Educação de Jovens e Adultos (EJA – Etapa VII), da escola anexa do Centro Educacional Renato Pereira Viana, situada na zona rural do município de Lençóis–BA. Os resultados referem-se às diferentes etapas da sequência didática implementada, destacando aspectos relevantes do processo de ensino-aprendizagem, tais como assiduidade, participação nas discussões, engajamento nas atividades propostas, dificuldades identificadas e avanços observados na compreensão dos conceitos relacionados à temática das Mudanças Climáticas.

A proposta didática teve início em 07/05/2025, com a realização da primeira Roda de Conversa, destinada a identificar os conhecimentos prévios dos estudantes. Os encontros com a turma ocorreram por meio de duas aulas semanais de quarenta minutos cada, totalizando oitenta minutos por encontro. Ressalta-se que, ao longo do período de implementação da sequência didática, houve duas semanas de interrupção das aulas por ordem institucional. A turma era composta por vinte e quatro estudantes matriculados, dos quais dois nunca estiveram presentes em sala de aula.

## **6.1 – RESPOSTAS DOS ESTUDANTE E DIAGRAMA DE GOWIN REFERENTE A PRIMEIRA “RODA DE CONVERSA” E AS OBSERVAÇÕES REGISTRADAS EM DIÁRIO DE BORDO DURANTE O PERÍODO DE INTERVENÇÃO DIDÁTICA**

Nessa etapa houve a identificação dos conhecimentos prévios dos estudantes por meio de uma Roda de Conversa, onde o professor pesquisador buscou identificar a compreensão dos estudantes sobre os seguintes tópicos: efeito estufa, aquecimento global, mudanças climáticas, o papel dos oceanos na regulação térmica do planeta, os principais gases de efeito estufa, atividades antrópicas emissoras de gases de efeito estufa, impactos socioambientais previstos pelas mudanças climáticas, Painel Intergovernamental (IPCC), Convenção-Quadro das Nações Unidas, Conferência das Partes (COP), combustível renovável e não-renovável e, por fim, o significado de energia limpa.

Antes de iniciar a descrição do que foi observado pelo professor pesquisador referente à compreensão dos estudantes sobre os tópicos elencados, vale ressaltar, que dos vinte e quatro alunos matriculados, apenas quinze estavam presentes em sala, sendo que onze deles interagiram de forma efetiva durante a roda de conversa que ocorreu no dia 07/05/2025, tendo duração de duas aulas de quarenta minutos, totalizando oitenta minutos de intervenção didática.

No geral, os estudantes apresentaram durante o diálogo, muito pouco ou nenhum conhecimento sobre os tópicos relacionados ao tema “Mudanças Climáticas” que foram elencados para discussão. Iniciando pelo tópico do efeito estufa, observou-se que nenhum aluno conseguiu descrever o fenômeno. A estudante que conseguiu articular melhor os conhecimentos sobre o efeito estufa, o descreveu como gases que ficam aprisionados na atmosfera, sem fazer menção alguma ao calor que fica retido por determinados gases presentes na atmosfera. Houve também uma aluna que associou o efeito estufa às estufas utilizadas para cultivo de plantas, porém não conseguiu desenvolver nenhum argumento sobre a analogia que pode ser estabelecida. Dessa forma, conseqüentemente, não foi demonstrado pela turma a relação entre o fenômeno de efeito estufa e o conseqüente aumento da temperatura média do planeta.

Ao procurarem argumentar sobre as mudanças climáticas, um dos estudantes fez referência ao derretimento das geleiras, porém sem demonstrar entendimento do

conceito atribuído às mudanças climáticas e suas conexões. Ao serem estimulados a levantarem possíveis impactos sociais trazidos pelas mudanças climáticas, este se revelou como o momento de argumentações mais profundas. Uma das alunas, inclusive, a que na maior parte dos tópicos elencados, soube se posicionar de forma mais consistente em suas argumentações, pontuou, com certo grau de profundidade, sobre as dificuldades de cultivo no caso de seca e o conseqüente aumento nos preços dos alimentos. Ressalta-se que, apesar de conter na fala importantes associações, demonstrando potencial reflexivo para correlacionar elementos de causa e consequência referente a impactos socioambientais provenientes das mudanças climáticas, a estudante apresentou dificuldade para se expressar. Quando solicitados a expor qual a importância dos oceanos na regulação térmica do planeta e a importância das correntes oceânicas, todos estudantes relataram não ter conhecimento algum sobre a questão. Ao perguntar sobre os principais gases de efeito estufa, um dos estudantes apontou o CO<sub>2</sub> como exemplo de gás de efeito estufa e fez referência também a camada de ozônio. A respeito das atividades antrópicas emissoras de GEE, houve grande convergência na sala ao mencionarem a poluição das fábricas e automóveis como principais fontes do problema, porém, apesar de demonstrarem disposição e empenho, eles não conseguiram explicar de que forma essas atividades contribuem para a intensificação do efeito estufa, de modo a não desenvolver a argumentação a ponto de aprofundá-la. Em relação ao Painel Intergovernamental Sobre Mudanças Climáticas (IPCC), Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima (UNFCCC) e Conferência das Partes (COP) os estudantes afirmaram categoricamente nunca ter ouvido falar, mas alguns estudantes sinalizaram ter conhecimento da existência das Nações Unidas (ONU). Quando indagados sobre o entendimento a respeito dos conceitos de combustíveis renováveis, não-renováveis e energia limpa, os argumentos demonstraram controvérsia no entendimento do conceito, apesar de alguns estudantes elencarem exemplos de energia renovável e não-renovável, como energia solar e petróleo respectivamente.

Como já afirmado anteriormente, essa Roda de Conversa teve o propósito de identificar o conhecimento prévio dos estudantes sobre diferentes tópicos relacionados às mudanças climáticas, assim como, iniciar a discussão desses pontos levantados, traçando dessa forma um panorama geral dos principais aspectos e

conceitos envolvidos no fenômeno. Importa salientar que dos vinte e quatro estudantes matriculados, quatro deles não interagem durante as discussões.

**Figura 3** - Diagrama de Gowin – 1º Roda de Conversa

## O PENSAR

### FILOSOFIA:

- Responsabilidade de natureza moral das pessoas com o fenômeno das mudanças climáticas
- A espécie humana muda seu perfil de agente biológico nas relações socioambientais para o de força biofísica, capaz de alterar as relações biotermodinâmicas do planeta.

### FÍSICA:

- Configurações de fluxos térmicos na atmosfera a partir do acúmulo histórico dos gases do efeito estufa
- Efeito estufa e a dimensionalidade das consequências no plano atmosférico
- Relações termodinâmicas: clima global do planeta e as emissões antropogênicas de dióxido de carbono: nexos biofísicos e bioquímicos

### SOCIOLOGIA:

- A “arena” pública internacional sobre as mudanças climáticas e suas consequências na vida socioeconômica
- Discussões sociopolíticas sobre o aquecimento global no âmbito público

### PROCEDIMENTOS:

- Instrumentos de intermediação com os estudantes: Roteiros de conversas, esquemas técnicos das aulas etc.

## O Fenômeno das Mudanças Climáticas (1ª Roda de Conversa)

## O FAZER

Os estudantes exibiram sentimentos de desconhecimento do fenômeno das mudanças climáticas, como decorrente das ações humanas e uns poucos apresentaram raciocínio incompleto ou infundados muito no senso comum.

Os estudantes demonstraram pouca ou nenhuma associação entre a Física e suas implicações com o fenômeno das mudanças climáticas, com exceção de dois ou três estudantes, ainda com argumentos muito inconsistentes.

No geral os estudantes demonstraram ausência de conhecimentos acerca da arena internacional e seus desdobramentos sobre o controle (qualquer que seja ele), relativo ao fenômeno das mudanças climáticas, e para muito poucos, indicaram conhecer a ONU.

O pesquisador elaborou instrumentos direcionados para a obtenção de aspectos vinculados aos saberes que: 1) relacionam o fenômeno das mudanças climáticas com responsabilidade humanas; 2) De saberes escolares da Física; 3) De saberes sociopolíticos próprios à dimensão do controle das mudanças climáticas

Os registros encontram-se no anexo I com demonstrativo das respostas correspondentes aos itens que compõem os instrumentos

## **6.2 RESPOSTAS DOS ESTUDANTES E DIAGRAMA DE GOWIN REFERENTE A SEGUNDA “RODA DE CONVERSA” E AS OBSERVAÇÕES REGISTRADAS EM DIÁRIO DE BORDO DURANTE O PERÍODO DE INTERVENÇÃO DIDÁTICA**

Esse momento da sequência didática teve como objetivo identificar se houve mudança na argumentação dos estudantes sobre tópicos relacionados à temática das mudanças climáticas antropogênicas, após a intervenção didática. Essa verificação ocorreu por meio de uma Roda de Conversa realizada no dia 10/09/2025, com a participação de 16 estudantes. Salienta-se que, nessa turma, constam 24 alunos matriculados, dos quais dois nunca estiveram presentes em sala. Ressalta-se ainda que, dos 16 alunos presentes durante a roda de conversa, estavam incluídos um estudante que participa das atividades, porém opta por não se posicionar nos diálogos, e dois estudantes que, durante todo o percurso, mantiveram uma postura pouco comprometida com o próprio processo de aprendizagem.

Para identificar se houve mudança na compreensão dos estudantes sobre a temática das mudanças climáticas após a implementação da sequência didática, foram elencados, para serem abordados durante a roda de conversa, os mesmos tópicos discutidos na primeira. Ou seja, buscou-se identificar a compreensão dos estudantes sobre os seguintes temas: efeito estufa, aquecimento global, mudanças climáticas, o papel dos oceanos na regulação térmica do planeta, os principais gases de efeito estufa, atividades antrópicas emissoras de gases de efeito estufa, impactos socioambientais previstos pelas mudanças climáticas, Painel Intergovernamental (IPCC), Convenção-Quadro das Nações Unidas, Conferência das Partes (COP), combustíveis renováveis e não renováveis e, por fim, o significado de energia limpa.

Ao final da Roda de Conversa, foi possível perceber que, de modo geral, os estudantes apresentaram evolução significativa nos conhecimentos demonstrados acerca dos tópicos relacionados ao tema “Mudanças Climáticas” elencados para discussão. Essa evolução manifestou-se, principalmente, na ampliação do repertório conceitual, na utilização de termos científicos de forma mais adequada e na maior capacidade de estabelecer relações entre os conteúdos trabalhados ao longo da sequência didática e situações do cotidiano.

Quando indagados sobre o efeito estufa, apesar de alguns estudantes terem feito referência ao calor (radiação térmica) que não consegue escapar devido à presença dos gases de efeito estufa, observou-se que, em sua maioria, eles mencionaram que o calor irradiado pelo Sol ficaria retido, o que demonstra uma imprecisão na compreensão do fenômeno. Sabe-se que a atmosfera terrestre é atravessada predominantemente por radiação na faixa da luz visível e ultravioleta, a qual interage com a superfície do planeta que se aquece e passa a irradiar energia, agora na forma de radiação infravermelha (luz térmica). Esta, por sua vez, não consegue escapar integralmente, pois é parcialmente retida pelos gases de efeito estufa presentes na atmosfera.

Ao serem questionados sobre a relação entre o aquecimento global e o efeito estufa, os estudantes demonstraram compreender o aquecimento global como consequência da intensificação do efeito estufa em razão de atividades antrópicas. Sobre a relação entre mudanças climáticas e aquecimento global, em geral os estudantes relacionaram as mudanças climáticas como consequência do aquecimento, mas não souberam articular os conhecimentos de maneira mais aprofundada.

Nesse sentido, também responderam de forma superficial quando questionados a respeito do papel dos oceanos na regulação térmica do planeta. Em geral, afirmaram que os oceanos funcionam como gigantescos reservatórios térmicos, mas, quando indagados sobre o motivo ou a forma desse funcionamento, não conseguiram explicar. A única exceção foi uma estudante que, ao ser provocada pelo professor-pesquisador, mencionou a característica da água de necessitar de grande quantidade de energia para sofrer variação de temperatura, associando esse conceito ao experimento da “bexiga que não estoura” realizado em sala.

A respeito dos gases de efeito estufa, os estudantes apontaram com firmeza o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) como principal gás. Alguns também citaram o metano e o vapor d'água, mas dois estudantes, equivocadamente, mencionaram a camada de ozônio como se fosse gás de efeito estufa.

Quanto às atividades antrópicas emissoras de gases de efeito estufa, as respostas foram satisfatórias, destacando o consumo de combustíveis fósseis relacionados à geração de energia elétrica, indústria e transporte como as principais causas globais. Mediante provocação do professor-pesquisador, acrescentaram que,

no Brasil, a maior parte das emissões está associada às queimadas vinculadas ao setor agropecuário.

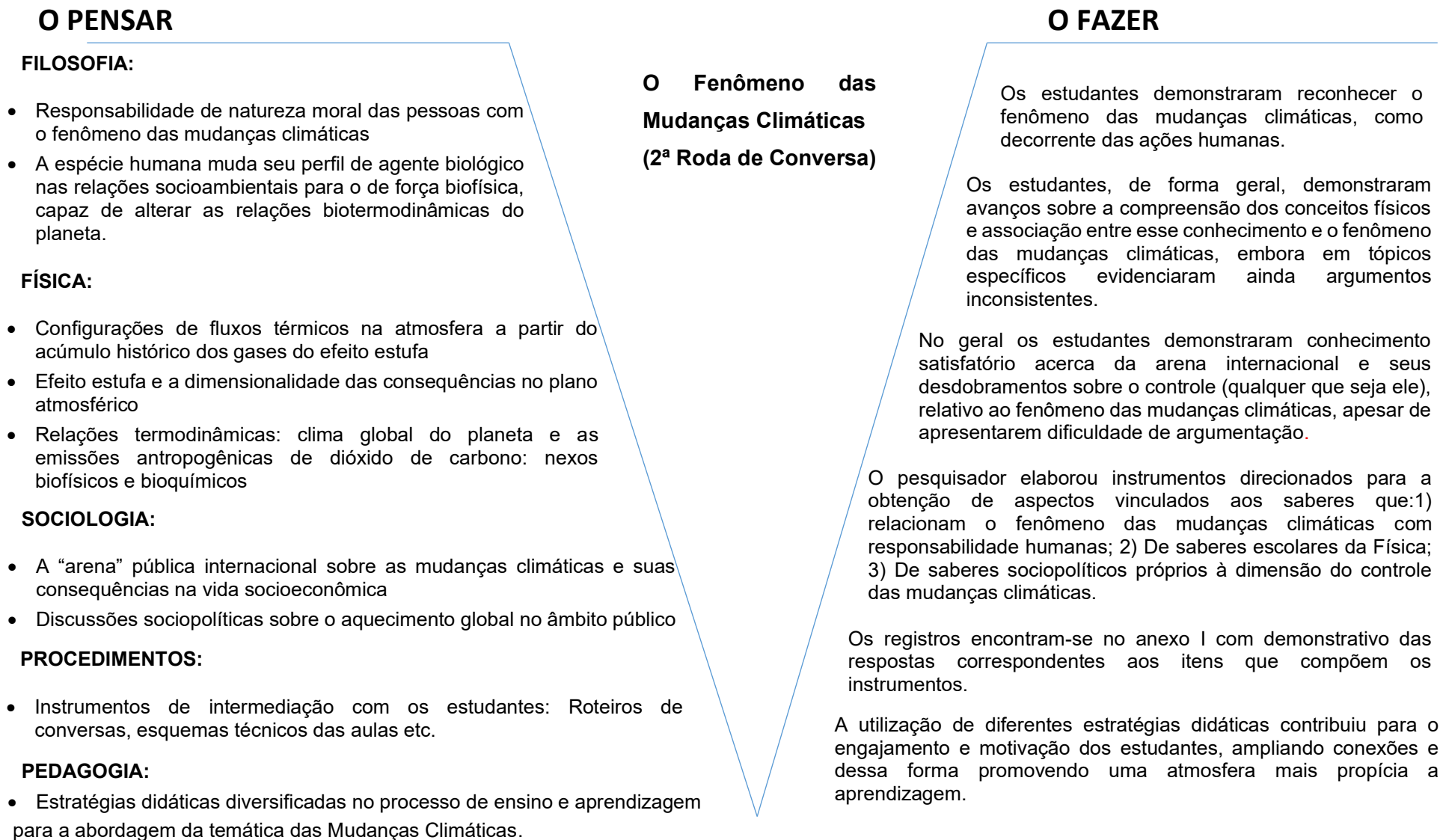
Ao serem questionados sobre os principais impactos socioambientais previstos pelas mudanças climáticas, os estudantes mencionaram, de forma geral, a alteração no regime de chuvas e sua relação com a escassez hídrica e a segurança alimentar. Comentaram com bastante sentimento sobre os rios e nascentes da região, que vêm secando rapidamente nas últimas décadas, e sobre o uso indiscriminado das águas subterrâneas.

Em relação ao Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima (UNFCCC) e à Conferência das Partes (COP), os estudantes tiveram dificuldades para formalizar suas argumentações. Contudo, mediante provocações do professor-pesquisador, demonstraram reconhecer o significado, a função e a relevância desses organismos internacionais para o enfrentamento das mudanças climáticas antropogênicas, além de apresentarem conhecimento sobre as metas de descarbonização da economia firmadas em acordos internacionais.

Sobre os conceitos de combustíveis renováveis e não renováveis, os estudantes demonstraram entendimento plenamente satisfatório, classificando corretamente os combustíveis fósseis como não renováveis e exemplificando adequadamente as fontes renováveis. Quanto ao conceito de energia limpa, a maioria dos estudantes apresentou definições e exemplos corretos, embora dois deles tenham citado os biocombustíveis como energia limpa, evidenciando certa imprecisão conceitual.

Ressalta-se que esse foi um dos momentos de maior engajamento emocional na discussão, pois alguns estudantes manifestaram indignação em relação ao termo “energia limpa”, estabelecendo uma correlação com os transtornos vivenciados por comunidades afetadas pela implantação de usinas eólicas na região. Eles relataram possuir familiares nessas localidades e destacaram os impactos negativos enfrentados por essas comunidades.

**Figura 4 - Diagrama de Gowin – 2º Roda de Conversa**



## 7 CONCLUSÕES

O presente estudo teve como objetivo analisar as contribuições de uma sequência didática, fundamentada no pluralismo didático-metodológico, para o ensino da temática das Mudanças Climáticas no contexto da Educação de Jovens e Adultos. Para tanto, tomou-se como base conceitos da Física Térmica e utilizou-se o diagrama de Gowin como instrumento de análise da argumentação dos estudantes, articulado às observações realizadas ao longo da intervenção didática. A pesquisa fundamentou-se no reconhecimento de que o ensino dessa temática demanda abordagens que integrem conhecimentos científicos, reflexões socioambientais e estratégias pedagógicas capazes de promover o engajamento e a participação ativa dos estudantes.

Os resultados evidenciaram que, no momento inicial da investigação, os estudantes apresentavam uma organização conceitual fragmentada, fortemente ancorada em explicações do senso comum e com pouca articulação entre conceitos da Física, aspectos ambientais e dimensões sociopolíticas das mudanças climáticas. Essa configuração ficou claramente expressa no primeiro diagrama de Gowin, construído a partir da primeira Roda de Conversa, no qual se observou a ausência de relações mais consistentes entre os elementos conceituais e metodológicos envolvidos na temática.

Após a implementação da sequência didática, constatou-se uma ampliação qualitativa na argumentação dos estudantes, evidenciada por meio do segundo diagrama de Gowin. Embora ainda persistam algumas imprecisões conceituais — aspecto esperado em processos de aprendizagem de natureza não linear —, observou-se maior articulação entre os conceitos físicos e os fenômenos do efeito estufa e do aquecimento global, bem como uma compreensão mais consistente das causas antropogênicas das mudanças climáticas. Ademais, a dimensão socioambiental do problema tornou-se mais presente nas argumentações, com referências a impactos locais, aos modos de produção e consumo e à necessidade de adoção de alternativas energéticas mais sustentáveis.

Nesse sentido, a comparação entre os dois diagramas de Gowin permitiu evidenciar processos de reorganização e amadurecimento argumentativo, reforçando a pertinência do uso desse instrumento como recurso analítico em pesquisas qualitativas no ensino de Ciências. O diagrama mostrou-se eficaz não como

mecanismo de avaliação do desempenho dos estudantes, mas como ferramenta para compreender a estrutura do pensamento, a forma de organização dos argumentos e as relações estabelecidas entre teoria e prática ao longo do processo educativo.

A sequência didática proposta mostrou-se relevante ao articular diferentes estratégias pedagógicas — tais como aulas expositivas dialogadas, estudo dirigido, rodas de conversa, atividades experimentais e práticas alinhadas à Educação Maker — em consonância com o princípio do pluralismo metodológico. Essa diversidade de abordagens contribuiu para contemplar a heterogeneidade da turma, favorecendo a participação, o engajamento e o envolvimento dos estudantes nas atividades desenvolvidas. Destaca-se, ainda, que a proposta final de construção de protótipos de motores térmicos, embora não tenha sido efetivada conforme o planejamento inicial, possibilitou a integração entre reflexão conceitual e ação prática, fortalecendo a compreensão do papel da ciência e da tecnologia frente aos desafios socioambientais contemporâneos.

Vale salientar que se tornou evidente que a implementação desse tipo de proposta didática — especialmente no contexto da Educação de Jovens e Adultos (EJA) — requisita condições estruturais específicas. Propostas que envolvem a construção de protótipos, nas quais os estudantes assumem papel ativo ao “colocar a mão na massa”, manuseando diferentes equipamentos, ferramentas e materiais, requerem a disponibilidade de um espaço físico apropriado para sua realização.

Destaca-se, ainda, que esse tipo de abordagem pedagógica demanda maior tempo de desenvolvimento, não se restringindo a uma única aula ou a um único encontro. O processo exige continuidade, o que implica a necessidade de armazenamento adequado de materiais, ferramentas e protótipos para os encontros subsequentes. Na ausência de um espaço apropriado que ofereça suporte a esses suportes didáticos, atividades envolvendo a construção de protótipos de motores térmicos com materiais de baixo custo torna-se de difícil execução ou mesmo sua inviabilidade.

Do ponto de vista educacional, a pesquisa contribui ao evidenciar que o ensino das Mudanças Climáticas, quando articulado e contextualizado a partir de problemáticas reais, pode favorecer a construção de conhecimentos mais significativos, mesmo em contextos historicamente marcados por dificuldades de engajamento, como a Educação de Jovens e Adultos. Ademais, o estudo reforça a importância de práticas pedagógicas que reconheçam os estudantes como sujeitos

ativos do processo de aprendizagem, valorizando suas experiências, saberes prévios e vivências.

É importante reconhecer algumas limitações deste estudo, tais como o número reduzido de participantes, as interrupções no calendário escolar e o tempo limitado para acompanhamento longitudinal dos efeitos da sequência didática. Tais fatores restringem generalizações mais amplas, mas não comprometem a validade dos resultados no contexto investigado, sobretudo por se tratar de uma pesquisa de natureza qualitativa e situada.

Como desdobramentos futuros, sugere-se a ampliação da aplicação da sequência didática em outras turmas e contextos educacionais, bem como o aprofundamento de investigações que explorem o uso do diagrama de Gowin associado a diferentes estratégias pedagógicas no ensino de Ciências. Além disso, a proposta apresentada pode contribuir, oferecendo subsídios teórico-metodológicos aos professores para o desenvolvimento de práticas educativas que articulem ciência, tecnologia, meio ambiente e cidadania, inclusive em programas de formação continuada.

Os resultados obtidos sinalizam, ainda, a carência e, ao mesmo tempo, a importância de intervenções pedagógicas específicas para tratar da temática das mudanças climáticas. Tal constatação sugere a existência de fragilidades tanto no âmbito da educação formal quanto em outras formas de difusão do conhecimento e da informação, indicando a necessidade de ações educativas para a abordagem desse tema.

Por fim, este trabalho reafirma a relevância de abordagens pedagógicas que dialoguem com a complexidade dos fenômenos climáticos e com a diversidade dos sujeitos envolvidos no processo educativo, evidenciando que o ensino de Ciências pode desempenhar um papel fundamental na formação de cidadãos críticos, conscientes e comprometidos com a construção de sociedades mais sustentáveis.

## REFERÊNCIAS

ABREU, C. R.; MIRANDA, S. C. **Proposta de projeto de educação ambiental com foco nas mudanças climáticas**: proposição e validação, 2017. Disponível em: [www.anais.ueg.br/index.php/cepe/article/view/10011/7215](http://www.anais.ueg.br/index.php/cepe/article/view/10011/7215). Acesso em: 18 dez. 2024.

BAHIA. Conselho Estadual de Educação. Resolução CEE n.º 162, de 13 de agosto de 2024. Estabelece as diretrizes para a educação científica no âmbito das instituições que integram o sistema estadual de ensino do Estado da Bahia. **Diário Oficial do Estado da Bahia**: Poder Executivo, Bahia, ano CIX, n. 24020, 19 ago. 2024.

BAHIA. Conselho Estadual de Educação. Resolução CEE n.º 262, de 05 de novembro de 2024. Dispõe sobre a Educação Ambiental no Sistema Estadual de Ensino da Bahia, para integrar os ajustes à Lei Federal nº 14.926, de 17 de julho de 2024 e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado da Bahia**: Poder Executivo, Bahia, 11 fev. 2025.

BAHIA. **Lei n.º 12.050, de 21 de dezembro de 2011**. Institui a Política sobre Mudança do Clima do Estado da Bahia e dá outras providências. Disponível em: <https://leisestaduais.com.br/ba/lei-ordinaria-n-12050-2011-bahia-institui-a-politica-sobre-mudanca-do-clima-do-estado-da-bahia-e-da-outras-providencias>. Acesso em: 09 dez. 2024.

BERNAUER, Thomas. Climate change politics. *Annual Review of Political Sciences*, v.16, p.421-448, 2013. Disponível em: <https://www.annualreviews.org/content/journals/10.1146/annurev-polisci-062011-154926>

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Efeito estufa e aquecimento global**. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/informma/item/195-efeito-estufa-e-aquecimento-global.html> . Acesso em: 15 ago. 2024.

BRASIL. **Lei n.º 12.187, de 29 de dezembro de 2009**. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, (2009). Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/ato2007-2010/2009/lei/112187.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2009/lei/112187.htm). Acesso em: 09 dez. 2024.

BRASIL. **Lei nº 14.926, de 17 de julho de 2024**. Altera a Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999, para assegurar atenção às mudanças do clima, à proteção da biodiversidade e aos riscos e vulnerabilidades a desastres socioambientais âmbito da Política Nacional de Educação Ambiental. Brasília, DF: Presidência da República, [2024]. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/ato2023-2026/2024/lei/L14926.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2023-2026/2024/lei/L14926.htm) Acesso em: 09 dez. 2024.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF: MEC, 2017. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br>. Acesso em: 01 set. 2024.

CARVALHO, Isabel. C. de Moura. **Em direção ao mundo da vida**: interdisciplinaridade e educação ambiental. *Cadernos de Educação Ambiental 2*. Brasília: IPÊ – Instituto de Pesquisas Ecológicas, 1998. Disponível em:

[https://www.pick-upau.org.br/mundo/educacao\\_ambiental/Educa%E7%E3o%20Ambiental%20Interdisciplinaridade....pdf](https://www.pick-upau.org.br/mundo/educacao_ambiental/Educa%E7%E3o%20Ambiental%20Interdisciplinaridade....pdf)

CHAKRABARTY, Dipesh. O clima da história: quatro teses. In: Paul J. Crutzen e Eugene F. Stoermer, "The Anthropocene", IGBP [International Geosphere-Biosphere Programme] Newsletter " (2000): 2009, 11-12. **Ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez, 2002.

CRUTZEN, P. J. **Geology of mankind**. *Nature* v. 415, n. 6867, p. 23, 2002. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/415023a>. Acesso em: 22 dez. 2024.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. P.; PERNAMBUCO, M. M. C. A. **Ensino de Ciências: Fundamentos e Métodos**. 4. ed. São Paulo: Cortez, 2011.

FERACIOLI, L. O 'V' Epistemológico como Instrumento Metodológico para o Processo de Investigação. **Revista Didática Sistemática – REDIS**, v. 1, out./dez. 2005, p. 106-125. Recuperado de <https://periodicos.furg.br/redsis/article/view/1191>.

FIEDLER-FERRARA JUNIOR, N. **Quando o todo é mais sagaz do que a soma de suas partes**. *Scientle Studia*, São Paulo, v. 3, n. 2, p. 323-37, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ss/v3n2/a09v3n2.pdf>. Acesso em: 19 dez. 2024.

FINSTERBUSCH, Tatiane e outros. Potencialidades do pluralismo metodológico no ensino de bacteriologia. **Revista Ciências & Ideias** ISSN: 2176-1477, [S. l.], v. 15, n. 1, p. e24152586, 2024. DOI: 10.22407/2176-1477/2024.v15.2586. Disponível em: <https://revistascientificas.ifrj.edu.br/index.php/reci/article/view/2586>. Acesso em: 21 abr. 2026.

FLEURY, L. C.; MIGUEL, J. C. H.; TADDEI, R. R. **Mudanças climáticas, ciência e sociedade**. *Sociologias*. Porto Alegre: v. 21, n. 51, p. 18-42, 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/15174522-0215101>. Acesso em: 20 nov. 2024

FLICK, U. **Introdução à pesquisa qualitativa**. 3ª. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

HAAS. Mª Célia. A Interdisciplinaridade em Ivani Fazenda: construção de uma atitude pedagógica. **International Studies on Law and Education**, 8 mai-ago 2011 CEMOrOc-Feusp / IJI-Univ. do Porto. Disponível em: <https://www.finom.edu.br/assets/uploads/cursos/categoriasdownloads/files/20190605040615.pdf>

INSTITUTO TALANOA. **A Política Nacional de Mudança do Clima em 2020**: estado de metas, mercados e governança assumidos na Lei nº 12.187/2009. Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://www.oc.eco.br/wp-content/uploads/2020/12/Politica-Nacional-de-Mudanc%CC%A7a-de-Clima.pdf>.

JACOBI, Pedro e outros (Orgs.). **Temas atuais em mudanças climáticas**: para os ensinos fundamental e médio". 1ª ed. São Paulo: IEE, 2015

JUSTI, Rosária. Relações entre argumentação e modelagem no contexto da ciência e do ensino de ciências. **Ens. Pesqui. Educ. Ciênc.**, Belo Horizonte, v. 17, n. spe, p.

31-48, dez. 2015. Disponível <http://educa.fcc.org.br/pdf/epec/v17nspe/1983-2117-epec-17-spe-00031.pdf> . Acesso em 22 abr. 2026.

KRASILCHIK, Myriam. **Prática de ensino de Biologia**. 4. ed. São Paulo: EDUSP, 2008.

LABURÚ, C. E., ARRUDA, S. D. M., NARDI, R. Pluralismo metodológico no ensino de ciências. **Ciência & Educação**, v. 9, n. 2, p. 247-260, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-73132003000200007>. Acesso em: 20 dez. 2024.

LEFF, Enrique. **Complexidade, interdisciplinaridade e saber ambiental**. A interdisciplinaridade em Ciências Ambientais. São Paulo: Signus Editora, p. 19-49, 2000.

LORENZATO, Sérgio. **Para aprender matemática**. 3. ed. rev. Campinas, São Paulo: Autores Associados, 2010.

MINAYO, M. C. S. O desafio da pesquisa social. In: MINAYO, M. C. S. (org.). **Pesquisa social** : teoria, método e criatividade. 26. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2007. p. 9-29.

MIRANDA, S. C de, ABREU, C. R. de & CARVALHO, Plauto Simão de. As Mudanças Climáticas na Educação Ambiental. In: PORTO, Marcelo Duarte, SANTOS, Mirley Luciene dos e FERREIRA, João Roberto Resende (Organizadores). **Os desafios do ensino de ciências no século XXI e a formação de professores para a educação básica**. Curitiba, PR: CRV, 2016. Coedição: Anápolis, GO: UEG, 2016.

ORÇO, Claudio Luiz; IOP, Elizandra; GAI, Neli Aparecida. Diferenças individuais no processo de aprendizagem em sala de aula. **Unoesc & Ciência - ACHS, [S. l.]**, v. 9, n. 2, p. 133–138, 2018. Disponível em: <https://periodicos.unoesc.edu.br/achs/article/view/19978>. Acesso em: 21 abr. 2026.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Conveo-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**. Rio de Janeiro: ONU, 1992.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development**, 2015. Disponível em: <https://sdgs.un.org/2030agenda> . Acesso em: 01 set. 2024.

ORGANIZAÇÃO METEREOLÓGICA MUNDIAL (OMM). **Avaliação do papel do dióxido de carbono e de outros gases de efeito estufa nas variações climáticas e impactos associados**. Genebra: Organização Meteorológica Mundial, 1985.

PENA, Rosiane A. **Possibilidades Metodológicas para o Ensino de Química na Educação de Jovens e Adultos – EJA**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Cuiabá, 2018. Disponível em <T3b3a322d9ce4d4db9803fe5027f6e309910c0e6b.pdf>. Acesso em 22 de abril de 2026.

REGNER, A.C.K.P. Feyerabend e o pluralismo metodológico. **Epistême: Filosofia e História das Ciências em Revista**, Porto Alegre: v. 2, p. 61-78, 1996.

REIS, D. A.; SILVA, L.F.; FIGUEIREDO, N. As complexidades inerentes ao tema “mudanças climáticas”: desafios e perspectivas para o ensino de Física. **Revista Ensaio**. Belo Horizonte: v. 17, n. 3, p. 535-554, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21172015170301>

RIBEIRO, R. A.; KAWAMURA, M. R. D. Educação ambiental e temas controversos. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. São Paulo: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (ABRAPEC). v. 14, n. 2, 2014, p. 159-169.

SACCOMORI, F.; CORREA, A. NOAL; CHITOLINA, M. R. luralismo didático nas aulas de ciências: um estudo metodológico sobre o sistema nervoso com estudantes do 7º do ensino fundamental. **ReBECCEM**, Cascavel, (PR), v.9, n.2, p. 1-24, mai. 2025, [S. l.], DOI: 10.48075/ReBECCEM.2025.v.9.n.2.33634. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/rebecem/article/view/33634>. Acesso em: 21 abr. 2026

SILVA, Tânia Aline Varela da. **Física do aquecimento global**: uma proposta interdisciplinar para o ensino do espectro eletromagnético. Tese (Mestrado profissional) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Araranguá, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/227125>. Acesso em: 20 nov. 2024.

TRIVELATO, S. L. F.; SILVA, R. L. F. **Ensino de ciências**. 1. ed. São Paulo: Cengage, 2011.

WATANABE-CARAMELLO, G. **Aspectos da complexidade**: contribuições da física para a compreensão do tema ambiental. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências) – Instituto de Física e Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, 2012.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. **Proceedings of the World Climate Conference**: A Conference of Experts on Climate and Mankind. Geneva: Secretariat of the World Meteorological Organization, 1979. Disponível em: <https://lpr.adb.org/sites/default/files/resource/990/proceedings-of-the-world-climate-conference.pdf>. Acesso em: 20 set. 2024.

ZABALA, A. **A prática educativa**: como ensinar. Porto Alegre: Artmed, 1998.

## APÊNDICE A - Itens da composição das conversas semiestruturadas

As Tabelas 1 e 2 relacionam os tópicos elencados para compor as conversas semiestruturadas com as respectivas respostas dos estudantes, que foram categorizadas da seguinte forma:

1. Foram consideradas satisfatórias as respostas que apresentavam corretamente o conceito referente ao tópico.
2. Foram consideradas insatisfatórias as respostas que apresentavam incorretamente o conceito referente ao tópico.
3. Foram consideradas parcialmente satisfatórias as respostas que apresentavam aspectos relevantes referente ao tópico mesmo que de forma imprecisa.
4. Não houve resposta foi considerada quando o aluno se omitir a responder.

**TABELA 1 - REFERENTE A PRIMEIRA RODA DE CONVERSA**

<b>TÓPICOS</b>	<b>RESPOSTA SATISFATÓRIA</b>	<b>RESPOSTA PARCIALMENTE SATISFATÓRIA</b>	<b>RESPOSTA INSATISFATÓRIA</b>	<b>NÃO HOUVE RESPOSTA</b>
<b>Efeito estufa</b>			11	4
<b>Aquecimento global</b>			11	4
<b>Mudanças climáticas</b>			11	4
<b>Papel dos oceanos na regulação térmica do planeta</b>			11	4
<b>Gases de efeito estufa</b>	1		10	4
<b>Atividades antrópicas que emitem gases de efeito estufa</b>		11		4
<b>Impactos socioambientais previstos pelas</b>	1		10	4

<b>TÓPICOS</b>	<b>RESPOSTA SATISFATÓRIA</b>	<b>RESPOSTA PARCIALMENTE SATISFATÓRIA</b>	<b>RESPOSTA INSATISFATÓRIA</b>	<b>NÃO HOUE RESPOSTA</b>
<b>Mudanças Climáticas</b>				
<b>Painel intergovernamental (IPCC)</b>			11	4
<b>Convenção-Quadro das nações unidas (UNFCCC)</b>			11	4
<b>Conferência das Partes (COP)</b>			11	4
<b>Acordos internacionais/metas de descarbonização da economia</b>			11	4
<b>Combustíveis renováveis e não renováveis</b>		2	9	4
<b>Energia Limpa</b>			11	4

**TABELA 2 - REFERENTE A SEGUNDA RODA DE CONVERSA**

<b>TÓPICOS</b>	<b>RESPOSTA SATISFATÓRIA</b>	<b>RESPOSTA PARCIALMENTE SATISFATÓRIA</b>	<b>RESPOSTA INSATISFATÓRIA</b>	<b>NÃO HOUVE RESPOSTA</b>
<b>Efeito estufa</b>	1	12		3
<b>Aquecimento global</b>	14			2
<b>Mudanças climáticas</b>		13		3
<b>Papel dos oceanos na regulação térmica do planeta</b>	1	12		3
<b>Gases de efeito estufa</b>	12	2		2
<b>Atividades antrópicas que emitem gases de efeito estufa</b>	14			2
<b>Impactos socioambientais previstos pelas Mudanças Climáticas</b>	14			2
<b>Painel intergovernamental (IPCC)</b>	13			3
<b>Convenção-Quadro das nações unidas (UNFCCC)</b>	13			3
<b>Conferência das Partes (COP)</b>	13			3
<b>Acordos internacionais/metasp de descarbonização da economia</b>	13			3
<b>Combustíveis renováveis e não renováveis</b>	13			3
<b>Energia Limpa</b>	11	2		3

## APÊNDICE B - Diário de bordo – Intervenção didática

### 1. Estudo dirigido

Para a aplicação do Estudo Dirigido, foi sugerido pelo professor que fossem formadas equipes para a realização da tarefa. Dessa forma, utilizando o critério de afinidade entre os estudantes, foram compostas seis equipes, com quantitativo de integrantes variando entre dois e cinco estudantes. Durante a aplicação do Estudo Dirigido, registrou-se a presença de 18 estudantes no primeiro encontro e de 21 estudantes no segundo encontro.

Observou-se, de forma geral, engajamento e comprometimento com a atividade por parte da turma, com a exceção de dois alunos da mesma equipe, que saíam constantemente da sala para ficar com alunos de outra turma fora da sala. Ressalta-se, contudo, que ambos concluíram a atividade proposta.

Durante a realização da atividade, constatou-se que, quando as equipes solicitavam auxílio do professor durante a realização da tarefa, era comum apenas alguns alunos se posicionarem, enquanto outros demonstravam postura mais passiva. Até o final da tarefa esse padrão se manteve com praticamente os mesmos estudantes.

Foram identificadas, ainda, algumas dificuldades enfrentadas pelos estudantes, dentre as quais se destacam: falhas técnicas com os aparelhos celulares utilizados para a realização da pesquisa, sendo o uso desses dispositivos uma escolha dos próprios alunos; dificuldade em delinear as respostas, uma vez que as informações obtidas por meio de pesquisas no Google eram muito abrangentes; e limitações dos *tablets* existentes na unidade escolar, que não permitiam a realização de pesquisas por meio do Google.

Durante a realização do Estudo Dirigido, foi possível identificar aspectos que devem ser considerados pelos professores ao adotarem esse tipo de estratégia didática, com vistas à minimização de dificuldades e à potencialização dos resultados de aprendizagem. Entre esses aspectos, destacam-se a necessidade de identificar previamente o nível de letramento digital dos estudantes e, quando necessário, dedicar um momento específico para a preparação quanto ao uso das ferramentas digitais, bem como realizar a verificação prévia dos equipamentos que serão utilizados nas atividades de pesquisa.

Por fim, destaca-se como ponto positivo da formação de equipes para a realização do Estudo Dirigido — para além da aprendizagem dos conteúdos específicos — o surgimento de uma atmosfera de cooperação e acolhimento, construída de forma espontânea por meio do compartilhamento de saberes e habilidades entre os estudantes, o que contribuiu para o fortalecimento do engajamento da turma.

## **2. Debates e discussões**

Esse encontro com a turma foi conduzido por meio de indagações feitas pelo professor a respeito das questões investigadas durante o Estudo Dirigido. Nesse encontro, buscou-se debater e discutir as respostas encontradas pelos estudantes durante a pesquisa guiada, dessa forma proporcionando mais um momento de reflexões e compartilhamento de ideias entre os estudantes e destes com o professor, contribuindo assim para ampliar compreensões e significados diante das informações obtidas. Importante ressaltar que estavam presentes nesse dia 15 estudantes com participação efetiva durante a aula, com exceção dos mesmos quatro alunos que não interagem pelos motivos já mencionados anteriormente.

Observou-se, no geral, que os estudantes se comportaram de forma comprometida e engajada. Durante as falas, alguns alunos participaram apenas lendo as respostas elaboradas pela equipe, enquanto outros alunos tiveram uma postura mais crítica e reflexiva durante a aula.

Durante a aula houve destaque para o debate diante do conceito de energia limpa, pois em suas pesquisas um exemplo encontrado de energia limpa é aquela produzida nas usinas eólicas, porém alguns alunos trouxeram importantes informações e reflexões sobre esse conceito, uma vez que apontaram que as usinas eólicas trazem muitos impactos socioambientais, como consequência para algumas espécies de animais que são prejudicados e também para as comunidades que residem próximos a essas usinas.

Outro tópico que teve destaque durante a aula, diz respeito as principais atividades humanas emissoras de gases de efeito estufa a nível global e nacional. Os estudantes identificaram a geração de energia elétrica como a atividade que mais contribui com emissões de gases de efeito estufa.

O diálogo seguiu para a questão seguinte que se referia aos principais tipos de usinas de geração de energia elétrica e a identificação de qual delas emite gás de

efeito estufa. Dessa forma, no debate, discutimos sobre a presença dos motores térmicos nas usinas termoelétricas e as contribuições do Brasil nas emissões globais. Identificou-se que a maior parcela das nossas contribuições é proveniente da mudança de ocupação no uso do solo, fruto principalmente das queimadas.

Outro tópico levantado, que rendeu boas discussões, foi sobre os combustíveis renováveis e não renováveis, pois as respostas dos estudantes apontaram apenas para energia solar, eólica e a hidrelétrica. Nesse momento se fez apropriado inserir na lista dos combustíveis renováveis o etanol e fazer importantes discussões a respeito do ciclo que se fecha no processo de produção e consumo desse tipo de combustível.

Esse momento de debate e discussões em torno das respostas obtidas durante o estudo dirigido se mostrou essencial, pois além de contribuir para ampliar compreensões e significados diante das respostas obtidas, permitiu ao professor avaliar avanços e dificuldades dos estudantes no processo de construção do conhecimento.

### **3. Experimentos de demonstração**

Para a realização dos experimentos em sala de aula, os estudantes foram convidados a realizar os procedimentos experimentais de forma voluntária. Esse momento dedicado a experimentação em sala foi banhado a muita descontração por parte da turma, que demonstrou engajamento, entusiasmo e animação durante toda a atividade. Registrou-se nesse momento a presença de 19 estudantes em sala de aula.

Durante a execução dos experimentos, foi possível observar mudanças significativas na postura de alguns estudantes que, até então, apresentavam comportamento mais passivo. Esses alunos passaram a se posicionar de forma mais ativa, realizando comentários espontâneos, formulando perguntas e manifestando curiosidade diante dos fenômenos observados, o que evidencia o potencial da experimentação como estratégia didática para estimular a participação e o interesse dos estudantes.

Foram realizados os seguintes experimentos: Sensação térmica, Agitação térmica, Anel de Gravesande, Dilatação térmica dos líquidos, “Balão que não queima”, Condução térmica, Correntes de convecção nos líquidos, Correntes de convecção gases, Comportamento térmico dos gases –  $V \times T$ ;  $P \times T$ ;  $P \times V$ .

Sem dúvida, o experimento que menos impactou os estudantes foi o experimento de condução térmica, cuja realização não contou com nenhuma manifestação positiva quando comparada aos outros experimentos realizados.

Houve expressões recorrentes de espanto diante do experimento sobre sensação térmica, ao qual todos os estudantes se submeteram, evidenciadas por comentários como: “Como é possível?!”, “Moço, que doideira!”, entre outros.

O experimento de agitação térmica também foi acompanhado com muito espanto e interesse pelos estudantes. Nele o professor pesquisador fez a conexão com a dissolução do açúcar nas bebidas que é influenciada pela temperatura do líquido e a turma, de forma geral, imergiu na discussão.

Os experimentos de dilatação dos sólidos e líquidos também foi acompanhado de muito espanto e curiosidade diante do resultado evidenciado no experimento. Nesse momento fez-se relação com o termômetro tradicional de mercúrio, iniciando discussões sobre a relação com a presença de águas mais quentes na superfície dos poços que os estudantes têm costume de se banhar aqui na chapada Diamantina etc.

Utilizou-se o resultado obtido no experimento do anel de Gravesande para explicar o motivo dos espaçamentos encontrados nas estruturas das diversas pontes existentes nas rodovias da região. Essa associação teve bastante relevância pois a maior parte da turma reconheceu a existência desses espaçamentos que passaram a ter explicação de estar ali, reforçando a interferência da temperatura na dimensão dos diversos materiais e substâncias.

O experimento do “balão que não estoura” foi acompanhado de muita descontração e brincadeira entre os estudantes, pois a bexiga com água ficou por tempo demasiado até o seu estouro e o estudante que segurava essa bexiga teve de sustentá-la durante toda a apresentação. Isso ocorreu devido aos estudantes terem colocado muita água na bexiga implicando num tempo maior para poder aquecer o conjunto água bexiga, até chegar à temperatura necessária para o rompimento do balão.

Os experimentos de correntes de convecção nos gases e líquidos também despertaram curiosidade e questionamentos. Os estudantes acompanharam atentamente e fizeram a célebre pergunta, “por quê”? Fizemos a associação com o experimento de dilatação térmica dos líquidos e utilizando exemplos discutimos o conceito de densidade. Dessa forma, relacionamos a diferença de temperatura como fator que determina a posição que uma determinada camada de fluido irá ocupar,

explicando dessa maneira a formação das correntes de convecção oceânicas e atmosféricas.

Por fim, vale salientar que o motor térmico (motor Stirling) não foi apresentado durante esse momento dedicado aos experimentos de demonstração como previsto na sequência didática, pois optou-se por apresentá-los no momento da oficina.

Por fim, ressalta-se que o motor térmico (motor Stirling) não foi apresentado durante a etapa dos experimentos de demonstração, conforme previsto inicialmente na sequência didática, em razão de ajustes realizados na condução da sequência didática.

#### **4. Aula expositiva dialogada**

Durante o momento dedicado as aulas expositivas dialogadas, os estudantes, em geral, demonstraram uma postura engajada e comprometida com o processo de aprendizagem. Os conceitos físicos foram apresentados de maneira articulada aos experimentos realizados em sala de aula nos encontros anteriores, por meio do uso de linguagem acessível e em diálogo com as vivências cotidianas dos estudantes. Nessa etapa da sequência didática, registrou-se a presença de 17 estudantes no primeiro encontro e de 18 estudantes no segundo encontro.

Ressalta-se que a compreensão da física associada às mudanças climáticas exige a mobilização de diversos conceitos fundamentais, os quais se mostraram, ainda pouco consolidados entre os estudantes. Observou-se que, apesar do interesse e da disposição dos estudantes em compreender os conceitos abordados, inclusive aqueles relacionados aos experimentos realizados na aula anterior, persistiram dificuldades nos tópicos de maior nível de abstração, o que limitou o avanço para compreensões de natureza mais teórica. Contudo, é importante ressaltar que, apesar das dificuldades identificadas, a turma, de modo geral, apresentou avanços significativos na compreensão do conteúdo abordado.

#### **5. Oficina didático-pedagógica**

Com o objetivo de contextualizar o propósito pedagógico da oficina, foi realizado o estudo dialogado de um texto que abordava os seguintes tópicos: (a) máquinas térmicas e a Revolução Industrial; (b) modos de produção e consumo das

sociedades contemporâneas; (c) a relação entre as emissões de gases de efeito estufa e a demanda energética necessária para sustentar o modelo de produção e consumo vigente; e (d) energia limpa e sustentabilidade. Nesse momento, registrou-se a presença de 17 estudantes em sala de aula.

De modo geral, os estudantes apresentaram comportamento comprometido com o processo de aprendizagem, acompanhando atentamente a leitura do texto e as problematizações propostas pelo professor. Observou-se participação ativa nas discussões e nos debates em torno dos tópicos abordados, evidenciando envolvimento e interesse na temática trabalhada.

No encontro subsequente, deu-se início à construção dos motores Stirling. Nessa ocasião, registrou-se a presença de 15 estudantes em sala de aula. Em razão de algumas dificuldades, que serão detalhadas posteriormente, a execução da oficina ocorreu por meio da organização dos estudantes em duas equipes, compostas por 7 e 8 integrantes. Essas equipes tiveram a oportunidade de vivenciar o processo de montagem dos motores por meio da orientação sistemática conduzida pelo professor.

Para a realização da oficina, a maior parte das peças que compõem o motor Stirling foi previamente confeccionada pelo professor, com o objetivo de viabilizar sua utilização durante o encontro com a turma. Inicialmente, todas as peças foram apresentadas aos estudantes, com destaque para suas respectivas funções e para os critérios adotados em sua confecção, aspectos estes discutidos no manual didático elaborado pelo professor-pesquisador, concebido com a finalidade de oferecer suporte aos alunos no processo de montagem dos motores.

Na sequência, as equipes, sob orientação e acompanhamento sistemáticos do professor, realizaram a montagem dos motores, demonstrando, em geral, não apresentar grandes dificuldades na execução da tarefa.

Durante a intervenção didática, observou-se, de modo geral, a manifestação de curiosidade e entusiasmo por parte dos estudantes envolvidos na montagem dos motores, o que se refletiu em elevado nível de engajamento ao longo da atividade, especialmente no momento em que puderam observar os motores em pleno funcionamento. Essas reações foram evidenciadas por comentários espontâneos dos estudantes, tais como: “Então é possível fazer um motor assim?!”, “Ah, se eu pudesse voltar no tempo!”, “Encantada!” e “Parece mágica!”, entre outros.

No que se refere aos desafios enfrentados para a realização da oficina, destacam-se a ausência de um espaço físico adequado para o desenvolvimento

desse tipo de atividade e o fato de os estudantes relatarem não dispor de tempo durante o dia, por motivos pessoais, para a implementação da proposta de alimentar os motores por meio da energia solar. A inexistência de um espaço apropriado comprometeu significativamente a execução da proposta didática conforme inicialmente planejada, uma vez que se mostrou imprescindível dispor de um ambiente adequado para a utilização e o manuseio dos materiais e ferramentas envolvidos no processo, bem como para o armazenamento das peças confeccionadas e dos equipamentos utilizados ao longo dos encontros.

Ressalta-se que o pleno funcionamento do motor Stirling requer um determinado grau de precisão na confecção das peças, o qual é fundamental para garantir o correto alinhamento do motor e a adequada vedação do sistema. Nesse sentido, tornou-se evidente que a construção dessas peças em sala de aula seria inviável, considerando a falta de infraestrutura adequada para a manipulação dos materiais e ferramentas necessários.

Além disso, o fato de os estudantes afirmarem não dispor de tempo durante o dia inviabilizou a proposta de utilização dos motores a partir da energia solar, por meio de concentradores solares, o que implicaria o funcionamento dos motores sem emissão de gases de efeito estufa.

Ao longo dos encontros com a turma, consolidou-se a percepção de que seria extremamente difícil confeccionar, em sala de aula, peças que exigem elevado nível de precisão, sem a disponibilidade de um espaço adequado para a organização, o uso e o armazenamento de equipamentos e ferramentas. Diante dessas limitações, optou-se por levar aos encontros com a turma as peças previamente confeccionadas, de modo a viabilizar a realização da oficina e garantir a funcionalidade dos motores montados.

## **APÊNDICE C - Descrição das nove aulas constitutivas da sequência didática**

- **Aula 1: Exibição de filmes**

A aula se inicia, com o professor contextualizando a proposta de exibição do filme, sinalizando para a turma que durante certo período, serão abordados diferentes aspectos relacionados a temática das Mudanças Climáticas. Em seguida, antes da exibição do filme, o professor deve comentar e organizar na lousa os pontos chaves presentes no filme/texto. Concluídas essa duas etapas o professor deve exibir o filme/texto para a turma.

- **Aula 2: Roda de Conversa**

A aula se inicia com a abordagem dialógica, em sala de aula, das situações seguintes: a catástrofe causada pelo excesso de chuva no Rio Grande do Sul e a situação do rio Amazonas durante a severa estiagem de 2023/2024. Em seguida deve-se realizar uma Roda de Conversa sobre a temática das Mudanças Climáticas, cabendo ao professor a responsabilidade de trazer para a conversa os pontos chaves comentados na aula passada que deveriam ser o foco dos estudantes ao assistirem o filme. Segue abaixo lista com pontos chaves presentes na Roda de Conversa.

### **Tópicos levantados durante a Roda de Conversa:**

- a. Efeito estufa e aquecimento global (análise desse fenômeno à luz dos conteúdos de física do ensino médio)
- b. Principais gases de efeito estufa (GEE)
- c. Atividades antrópicas que emitem GEE
- d. Relação entre o aquecimento global e as mudanças climáticas.
- e. Papel dos oceanos na regulação térmica do planeta.
- f. Impactos ambientais previstos pelas Mudanças Climáticas.
- g. Impactos socioeconômicos previstos pelas Mudanças Climáticas.
- h. IPCC, UNFCCC e COP: origens e finalidades.

- **Aula 3: Estudo dirigido**

Nessa aula os estudantes devem, mediante pesquisa na internet, responder ao questionário (Estudo Dirigido), fazendo anotações no caderno de forma individual. Dessa forma a atividade favorece a sistematização do conteúdo, por meio de questões cuidadosamente elaboradas, onde os estudantes coletam informações essenciais para o estudo da temática das mudanças climáticas. Esse tipo de atividade, além de proporcionar liberdade ao estudante para seguir seu ritmo de aprendizagem, consolida sua autonomia no processo de aprendizagem.

**Orientação da atividade:** Cada aluno, mediante pesquisa na internet, deve responder as questões propostas, fazendo as anotações no caderno de forma individual:

1. Escreva um parágrafo descrevendo o fenômeno de efeito estufa
2. Construa uma ilustração do fenômeno de efeito estufa
3. Elabore uma lista com o nome e a respectiva fórmula química dos principais gases de efeito estufa
4. Explique o papel dos oceanos na regulação térmica do planeta.
5. Construa um quadro, apresentando em ordem crescente, os diferentes setores de atividades humanas que mais contribuem com emissões de GEE.
6. Ao nível global, qual setor é responsável pelo maior percentual das emissões de dióxido de carbono na atmosfera?
7. No Brasil, qual setor é responsável pelo maior percentual das emissões de dióxido de carbono na atmosfera?
8. Construa uma lista dos principais impactos ambientais que são previstos por especialistas devido as mudanças climáticas.
9. Construa uma lista dos principais impactos socioeconômicos que são previstos por especialistas devido as mudanças climáticas.
10. Comente sobre a importância do Painel Intergovernamental Sobre Mudanças Climáticas (IPCC), sobre a Convenção-Quadro das Nações Unidas (UNFCCC) e as Conferências das Partes (COP).
11. Qual a definição de combustíveis renováveis e não renováveis? Cite exemplos
12. Cite cinco diferentes tipos de usinas de geração de energia elétrica. Qual tipo de usina emite GEE?
13. Qual o conceito de energia limpa?
14. Explique de que forma as florestas atuam como sumidouros de carbono

- **Aula 4: Debates e discussões**

Nesta aula, a proposta consiste em discutir com os estudantes as respostas elaboradas durante o Estudo Dirigido, favorecendo a reflexão crítica, o esclarecimento conceitual e a possível reformulação das ideias inicialmente apresentadas. Trata-se de um momento marcado pelo diálogo orientado e pela interação constante entre professor e estudantes, no qual a mediação pedagógica assume papel central. Nesse processo, busca-se respeitar o rigor dos conceitos científicos envolvidos, ao mesmo tempo em que se valoriza o uso da linguagem dos estudantes como ponto de partida para a construção do conhecimento. A estratégia adotada visa ampliar a compreensão dos conteúdos investigados, qualificando as respostas por meio de intervenções pontuais, linguagem acessível e articulação progressiva com os conceitos científicos trabalhados.

- **Aula 5: Experimentos de demonstração**

A proposta dessa aula é, demonstrar e discutir fenômenos da física térmica, que são essenciais para a análise das mudanças climáticas, através da realização de experimentos. Ao iniciar a aula o professor deve solicitar aos estudantes que se organizem em equipes para a realização da atividade. Em seguida o professor deve orientar os estudantes a registrarem no caderno os fatos observados durante cada experimento. Por fim o professor deve fazer a apresentação e discussão dos experimentos descritos abaixo.

#### **Experimento 1 – Sensação Térmica.**

**- Materiais necessários:**

3 baldes

2 litros de água quente

2 litros de água a temperatura ambiente

2 litros de água fria.

**- Procedimento:** Os voluntários a participar do procedimento experimental devem mergulhar, ao mesmo tempo, uma das mãos no balde com água quente e a outra no balde com água fria. Em seguida colocar, ao mesmo tempo, as duas mãos no balde com água a temperatura ambiente.

**Figura 1** - Aluno voluntário sob as mãos em baldes com água quente e água fria



Fonte do Autor

- **Resultado e discussões:** Observa-se, no final do procedimento, que as duas mãos percebem de forma diferente a temperatura da mesma amostra de água em temperatura ambiente: em uma das mãos a água parece estar fria, e na outra mão, a água parece estar quente. Isso ocorre porque, para atingir o equilíbrio térmico, uma das mãos precisa receber calor (mão que estava no balde com água fria), e a outra precisa ceder calor (mão que estava no balde quente). Dessa forma, conclui-se que a sensação de quente e frio está relacionada com o calor recebido ou cedido pelo corpo.

## Experimento 2 – Agitação Térmica

### - Materiais necessários:

2 copos de vidro iguais

Disponibilizar de água quente e gelada para encher os dois copos de vidro.

Corante comestível líquido.

- **Procedimento:** Preencha um copo com água quente e o outro com água gelada. Em seguida despeje cinco gotas de corante comestível em cada um dos copos.

- **Resultado e discussão:** Ao adicionar o corante nos dois copos, percebe-se, que ele se espalha mais rapidamente no copo contendo água quente. Isso se deve ao movimento de agitação térmica que se torna mais intenso com o aumento da temperatura. Dessa forma o corante se espalha devido às constantes colisões entre as partículas de corante e as partículas de água. Como a intensidade do movimento

de agitação térmica aumenta com a temperatura, o corante se espalha mais rápido no copo com água quente.

### Experimento 3 – Anel de Gravesande

**- Materiais necessários:**

1 Anel de Gravesande

1 Vela

1 Isqueiro

**- Procedimento experimental:** Inicialmente demonstre para os estudantes que a esfera metálica consegue atravessar facilmente o anel. Em seguida acenda a vela e use-a para aquecer a esfera. Tente fazer com que a esfera novamente atravesse o anel.

**Figura 2** - Anel de Gravesande e sua esfera sendo aquecida



Fonte do Autor

**- Resultado e discussão:** Verifica-se que, a esfera após ser aquecida, não cabe mais no anel, pois há um aumento em suas dimensões. Isso ocorre devido ao fato de que o aumento da temperatura interfere diretamente no movimento de agitação térmica, fazendo com que as partículas se movam de forma mais intensa, dessa forma elas passam a vibrar com maior amplitude e isso se reflete no aumento da dimensão da esfera.

### Experimento 4 – Dilatação térmica dos líquidos

**- Materiais necessários:**

1 Garrafa de vidro, água e corante

- 1 Rolha de cortiça
- 1 Caneta esferográfica transparente
- 1 Balde com água quente
- 1 Balde com água gelada

- **Aparato experimental:** Para montar a estrutura experimental, inicialmente preencha a garrafa com água e em seguida adicione algumas gotas do corante de forma que a tonalidade da mistura atinja uma coloração que permita fácil visualização. Agora retire a parte interna da caneta, pois para a montagem da estrutura experimental foi utilizado apenas o invólucro externo da caneta. O próximo passo é fazer um furo na rolha de forma que permita ser atravessada pela caneta, e utilizá-la para vedar a garrafa.

**Figura 3** - Aparato para o experimento de Dilatação térmica dos líquidos



Fonte do Autor

- **Procedimento experimental:** Inicialmente, sob o olhar atento dos estudantes, faça uma marcação para registrar o nível que a mistura atinge na garrafa. Para dar sequência ao procedimento experimental, mergulhe parte da garrafa dentro do balde com água quente e registre o novo nível que a mistura dentro da garrafa atinge. Em seguida repita o processo mergulhando a garrafa no balde com água fria.

- **Resultado e discussão do experimento:** Observa-se nesse experimento que o volume da mistura dentro da garrafa se expande, ocupando assim mais espaço dentro da estrutura. Isso ocorre, pois com o aumento da temperatura, as partículas da mistura passam a se agitar de forma mais intensa e conseqüentemente tendem a se afastar mais umas das outras, ocupando assim maior espaço, ou seja, aumentando suas dimensões. O inverso acontece quando a garrafa é mergulhada no balde contendo

água fria, nesse caso, há uma queda na temperatura fazendo com que as moléculas da mistura se movimentem de forma menos intensa, e assim diminuindo suas dimensões.

### Experimento 5 – O balão que não queima.

#### - Materiais necessários:

3 bexigas de borracha

Funil

Areia

Água

Três velas

- **Procedimento experimental:** Inicialmente é necessário encher uma bexiga com areia, outra bexiga: com água e terceira com ar. Recomenda-se que as bexigas ao serem preenchidas alcancem volumes aproximadamente iguais, de modo que os balões preenchidos com água e areia receberão também ar. Chame três estudantes, que se disponibilizem como voluntários para segurar as bexigas. Agora acenda as velas e coloque as bexigas sobre as velas. Imediatamente após colocar as bexigas em contato com a chama da vela, ligue o cronometro.

**Figura 4** - As três bexigas preenchidas com água, areia e ar submetidas à fonte de calor de calor



Fonte do Autor

**Figura 5** - Bexiga com água, última a estourar



Fonte do Autor

- **Resultado e discussão do experimento:** Observa-se nesse experimento, que o balão preenchido com ar é o que estoura primeiro, seguido do balão preenchido com areia, que estoura pouco tempo depois. Por último estoura o balão preenchido com água. Essas observações explicam-se pelo fato de os três materiais necessitarem de quantidades diferentes de calor para alcançarem a mesma temperatura. O balão com ar precisa de pouco calor para alcançar a temperatura necessária para a bexiga estourar. O balão com areia precisa receber uma quantidade um pouco maior de calor para alcançar a mesma temperatura, e a bexiga preenchida com água precisa de uma quantidade muito maior de calor para alcançar a temperatura necessária para a bexiga estourar. Dessa forma, o balão não estoura porque a água em seu interior absorve parte da energia térmica transferida pelo fogo, impedindo que a bexiga aumente rapidamente sua temperatura e estoure. Essa relação entre trocas de calor em um material e a consequente variação em sua temperatura é expresso pela grandeza física denominada de calor específico do material. Sendo assim cada material possui uma medida de calor específico, ou seja, cada material precisa trocar uma quantidade de energia determinada para variar um grau na sua temperatura.

### **Experimento 6 – Condução térmica.**

- **Materiais necessários:**

Fonte térmica – 1 vela

Suporte para a haste de metal

Haste de metal de aproximadamente 40 cm

Cera de vela

Pequenos pregos ou tachinhas

- **Procedimento:** Inicialmente prenda uma das extremidades da haste de metal no suporte de forma que o restante da haste fique sem tocar em nada. Agora é preciso fixar os pregos na haste de metal utilizando a cera. Por fim posicione uma vela na extremidade oposta da haste e em seguida acenda a vela.

-**Resultado e discussão:** Ao acender a vela, a temperatura da haste vai aumentando progressivamente, e em pouco tempo observa-se que os pregos mais próximos da fonte térmica vão caindo um a um. Isso ocorre porque o calor flui pela haste de metal

fazendo com que esta aumente gradativamente sua temperatura, dessa forma a temperatura aumenta a medida que o calor flui pelo material.

### **Experimento 7 – Correntes de convecção nos líquidos devido a diferença de temperatura**

#### **- Materiais necessários:**

Aquário preenchido com água a temperatura ambiente.

Dois recipientes iguais, um com água quente e o outro com água fria.

2 frascos de corante comestíveis (azul e vermelho)

**- Procedimento:** Inicialmente adicione o corante vermelho no recipiente contendo água quente e o corante azul no recipiente contendo água fria. Em seguida insira ao mesmo tempo os dois recipientes dentro do aquário preenchido com água a temperatura ambiente, porém o recipiente com água quente deve ser posto no fundo do aquário e o recipiente com água fria deve se posto de cabeça para baixo na parte superior do aquário, sendo que dessa forma ou existe uma haste para segurar o recipiente frio ou então algum voluntario deve permanecer segurando o recipiente até o final do processo.

**Figura 6** - Estrutura utilizada para o experimento de Correntes de convecção nos líquidos



Fonte do autor

**- Resultado e discussão:** Observa-se nesse experimento que a água quente (corante vermelho) sobe enquanto a água fria (corante azul) desce. Isso ocorre devido ao volume do líquido ser alterado como resultado da variação de temperatura, dessa forma alterando a densidade da água. Verifica-se que a água quente possui maior volume e conseqüentemente menor densidade e, na água fria ocorre o oposto, ou

seja, ela possui menor volume e conseqüentemente sua densidade é maior. Concluímos então que a densidade da água é função inversa de sua temperatura.

### Experimento 8 – Correntes de convecção nos gases

#### - Materiais necessários:

2 garrafas PET de 1,5 ou 2,0 litros

1 garrafa PET de água mineral de 500 ml

Cola quente e tesoura

1 vela

1 porção de gelo

Espeto de madeira para churrasco e algodão.

- **Aparato experimental:** Recorte as duas garrafas de 2 litros, aproximadamente 15 cm acima do fundo da garrafa e descarte a parte superior. Fure as duas garrafas de modo que seja possível encaixar nos furos uma garrafa de 500 ml. A garrafa de 500 ml deve ter um pequeno orifício na lateral como indicado na Figura 7.

**Figura 7** - Estrutura utilizada para o experimento de Correntes de convecção nos gases



Fonte do autor

- **Procedimento:** Coloque gelo em uma das extremidades do aparato experimental conforme indicado na Figura e na outra extremidade coloque uma vela acesa. Prenda um algodão na extremidade do espeto de churrasco e em seguida coloque fogo e rapidamente o apague para que ele possa produzir bastante fumaça. Em seguida introduza o algodão no orifício central presente na garrafa de 500 ml, que conecta os recipientes frio e quente, inserindo assim fumaça dentro da estrutura.

- **Resultado e discussão:** Verifica-se nesse experimento a formação de uma corrente de ar que se movimenta do lado mais frio para o lado de maior temperatura. Isso ocorre porque o ar ao ser aquecido pela chama da vela fica menos denso e sobe,

porém esse espaço vazio precisa ser ocupado por outra massa de ar, formando assim uma corrente contínua de ar que se movimenta do lado frio para o lado quente.

### Experimento 9 – Radiação térmica.

**- Materiais necessários:**

2 latas de alumínio iguais.

Tinta guache preta

Tinta guache branca

2 Termômetros

**- Aparato experimental:** Pintar uma das latas com tinta preta e a outra lata com tinta branca.

**- Procedimento:** Deve-se expor as duas latas a uma fonte térmica de forma que as duas recebam a mesma quantidade de radiação e após alguns minutos medir a temperatura das duas latas.

**Figura 8** - Experimento de Radiação térmica



Fonte do Autor

**- Resultado e discussão:** Espera-se que ao medir a temperatura das duas latas exista uma significativa diferença. Isso se deve ao fato de superfícies escuras absorverem boa parte da energia consequentemente aumentando a temperatura. No caso de superfícies mais claras possuem maior capacidade de refletir a radiação, dessa forma absorvendo uma quantidade muito menor da energia.

## Experimento 10 – Comportamento térmico dos gases

### PRESSÃO X TEMPERATURA

**- Materiais necessários:**

- 1 garrafa PET
- 1 balde com água quente
- 1 balde com água fria.

**- Procedimento experimental:** Tampe a garrafa PET certificando-se de que ela está bem vedada. Depois, diante do olhar atento dos estudantes, mergulhe a garrafa PET durante alguns minutos no balde com água quente e depois repita o procedimento mergulhando a garrafa no balde com água fria.

**- Resultado e discussão do experimento:** observa-se que a garrafa estufa ao ser colocada no balde com água quente, e quando ela é colocada no balde com água fria fica como se estivesse sendo esmagada. Isso ocorre porque o ar aquecido se expande, porém como a garrafa tem seu volume praticamente inalterado, percebe-se um aumento na pressão interna do gás como consequência do aumento de temperatura.

### VOLUME X TEMPERATURA

**- Materiais necessários:**

- 2 garrafas PET ou de vidro.
- 2 bexigas de borracha
- 1 balde com água quente
- 1 balde com água fria.

**- Aparato experimental:** Retire as tampas das garrafas PET e em seguida envolva cada “boca” com uma bexiga de borracha.

**- Procedimento experimental:** Diante do olhar atento dos estudantes, mergulhe uma garrafa PET durante alguns minutos no balde com água quente e a outra no balde com água fria.

**Figura 9** - Experimento volume X temperatura



Fonte do Autor

- **Resultado e discussão do experimento:** observa-se que a bexiga estufa ao ser colocada no balde com água quente (bexiga vermelha da Figura 9 - Experimento volume X temperatura), e murcha quando ela colocada no balde com água fria (bexiga verde da Figura 9). Isso ocorre porque o ar aquecido se expande ocupando todo o espaço que lhe é permitido, então mantendo-se a pressão constante, o volume do gás aumenta com o aumento da temperatura e diminui quando a temperatura diminui.

### **PRESSÃO X VOLUME**

- **Materiais necessários:**

1 seringa de 20 ml.

1 bexiga de borracha.

- **Aparato experimental:** Inicialmente retire o êmbolo da seringa. Agora utilize a bexiga para produzir uma bolinha que caiba dentro do cilindro da seringa. Insira a bolinha de borracha cheia de ar, dentro da seringa e em seguida reponha o seu êmbolo.

**Figura 10** - Experimento Pressão x Volume



Fonte do Autor

- **Resultado e discussão do experimento:** Para iniciar o procedimento experimental utilize um dedo para tampar a extremidade da seringa e em seguida, sob o olhar atento dos estudantes, pressione o êmbolo da seringa. Percebe-se que a bolinha no interior da seringa diminui de tamanho, isso se deve ao aumento da pressão que faz com que o volume da bexiga diminua. Quando retornamos o êmbolo para a posição inicial a bexiga também retoma sua forma original. Esse experimento demonstra que a pressão varia inversamente com o volume.

### **Experimento 11 – Máquinas Térmicas e a 1ª Lei da Termodinâmica**

- **Materiais necessários:**

- 1 Motor Stirling construído com latinhas de alumínio e materiais de baixo custo
- 1 Fonte térmica, vela por exemplo

- **Procedimento experimental:** Sob o olhar atento dos estudantes acenda a vela e coloque-a em contato com o cilindro (latinha de alumínio) do Motor Stirling. Espere cerca de um minuto para que o cilindro possa esquentar e em seguida é dada a partida no motor.

**Figura 11** - Motor Stirling



Fonte do Autor com alterações feitas pelo Gemini

- **Resultado e discussão:** Verifica-se que o motor entra em movimento contínuo, demonstrando que consegue converter a energia térmica proveniente da chama da vela em movimento das engrenagens do motor, ou seja, transformando parte do calor em trabalho.

- **Aula 6: Aula Expositiva Dialogada: Estudo da Física Térmica.**

Essa aula propõe, expor dialogicamente, conceitos físicos fundamentais para analisar o fenômeno das mudanças climáticas. Para atender a essa finalidade, a dinâmica da aula gira em torno de utilizar os fatos observados e registrados durante a realização dos experimentos em sala de aula, como suporte para a exposição dialogada do conteúdo, dessa forma, estabelecendo constante relação entre os fatos observados e os conceitos físicos em estudo. Os recursos utilizados para essa aula são: slides, vídeos curtos (vídeo curto, de autoria do pesquisador, utilizando o simulador Peth Colorado e o programa OBS Estúdio).

- **Aula 7: Aula Expositiva Dialogada: Análise do efeito estufa, aquecimento global e mudanças climáticas, à luz das leis da Física.**

Essa aula propõe utilizar os conceitos físicos aprendidos nas aulas anteriores, para analisar o efeito estufa, aquecimento global e as mudanças climáticas. Dessa forma, o professor deve expor dialogicamente os seguintes tópicos: análise do efeito estufa; análise do aquecimento global e sua relação com o balanço energético do planeta; análise da influência do aquecimento global na dinâmica atmosférica e oceânica do planeta e sua relação com as mudanças climáticas. Os recursos utilizados nessa aula são: slides e vídeos.

**Pontos chave**

1. Descrever o fenômeno de efeito estufa
2. Justificar o aquecimento global, com base na análise do balanço energético do planeta.
3. Explicar o papel dos oceanos na regulação térmica do planeta.

- **Aula 8: Oficina didático-pedagógica**

Essa etapa da Sequência Didática inicia-se com uma síntese de tudo que foi discutido até o presente momento com o objetivo contextualizar a proposta didática. Em seguida deve-se apresentar o material didático (Manual técnico para construção dos motores Stirling, disposto no Apêndice D), as ferramentas e diferentes materiais que serão utilizados, assim como, as diversas peças que compõem o motor e suas respectivas funções. Terminada essa etapa inicial os estudantes devem se organizar em equipes e dar início a construção dos motores térmicos. Após a construção, os estudantes devem ser estimulados a propor formas de operar os motores através de fontes de energia limpa.

- **Aula 9: Roda de Conversa (estágio final)**

Nessa etapa os estudantes apresentarão para a comunidade escolar os motores desenvolvidos pela turma, fundamentando sua construção com base nas causas e implicações com as mudanças climáticas. Em seguida deve-se realizar uma Roda de conversa com o intuito de verificar se houve modificação na argumentação dos estudantes após a intervenção didática.

## APÊNDICE D – Manual técnico para a construção do motor Stirling

# MANUAL TÉCNICO PARA A CONSTRUÇÃO DO MOTOR STIRLING



Fonte do Autor com alterações feitas pelo Gemini

Esse material foi elaborado para dar suporte a construção de motores Stirling feitos com materiais de baixo custo. Um motor Stirling é uma máquina térmica de combustão externa que converte energia térmica em trabalho mecânico por meio de um ciclo de gás fechado. Seu funcionamento baseia-se na diferença de temperatura entre uma região quente e uma região fria, promovendo a expansão e compressão do gás de trabalho e gerando o movimento dos pistões.

O motor Stirling foi inventado em 1816 pelo engenheiro escocês **Robert Stirling**, como uma alternativa mais segura às máquinas a vapor utilizadas na época, que frequentemente apresentavam riscos de explosão. Ao longo do tempo, passaram a ser estudados e aprimorados, destacando-se por sua elevada eficiência térmica e pela possibilidade de utilização de diferentes fontes de calor, incluindo energia solar, biomassa e calor residual.

## MATERIAIS E FERRAMENTAS NECESSÁRIAS PARA A CONSTRUÇÃO DOS MOTORES STIRLING

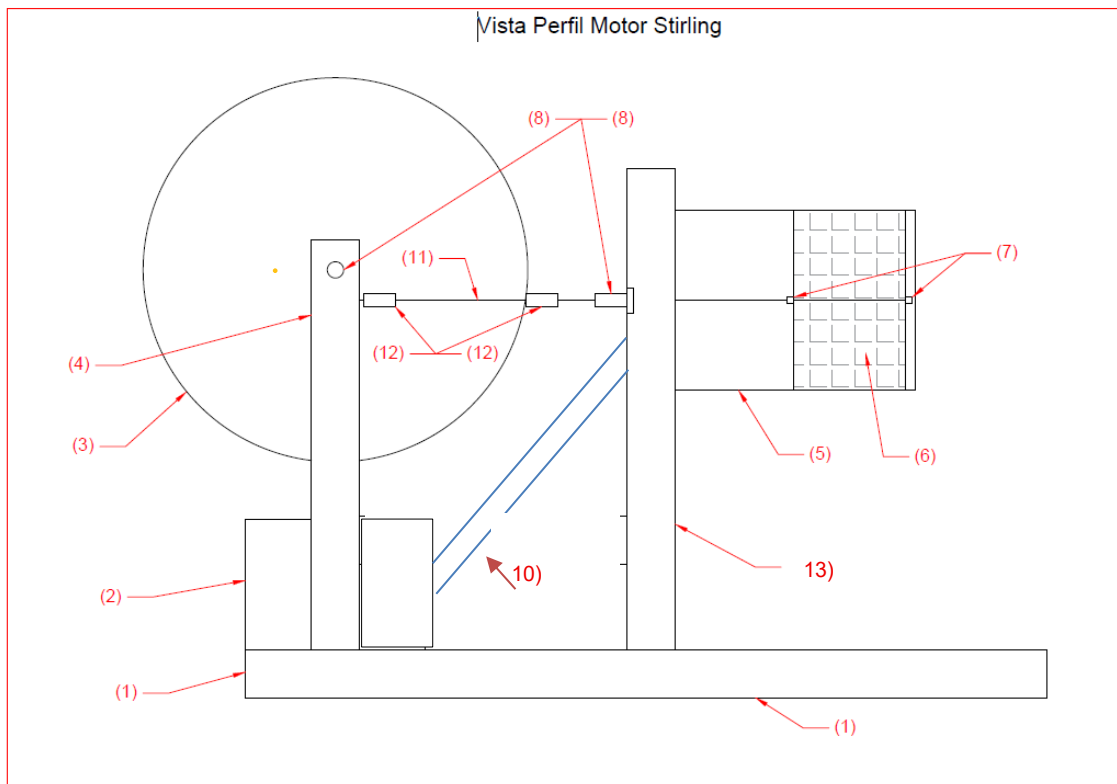
**Tabela 1** – Relação de materiais necessários para construção do Motor

2 latinhas de 220 ml;	Régua escolar de 30 cm
Quatro discos de CD ou DVD	Paquímetro
2 raios de bicicleta de 2 mm	Estilete
Esponja de aço	Tesoura
Conectores tipo Sindal, 2,5mm <sup>2</sup> , 4mm <sup>2</sup> , 6mm <sup>2</sup> , 10mm <sup>2</sup> e 16mm <sup>2</sup>	Silicone para altas temperaturas
1 Tampa plástica de lata de spray (5 cm de diâmetro)	Furadeira
Uma tampa de garrafa pet;	Chave de fenda;
Uma bexiga de número 10;	Alicate
Uma mangueira de borracha transparente de 20 cm de comprimento e 5 mm de diâmetro;	Martelo
Cola instantânea	Porcas, parafusos e arruelas
Bicarbonato de sódio	

Fonte do Autor

*ATENÇÃO! Durante a construção do motor Stirling, é importante o uso de alguns equipamentos de proteção individual (EPI) como luva e óculos de proteção*

## CROQUI DO MOTOR STIRLING E SUAS PEÇAS



### Fonte do Autor

1. Base horizontal do motor
2. Cilindro frio
3. Volante
4. Suporte para o virabrequim e volante
5. Cilindro quente
6. Pistão quente
7. Parafusos que delimitam a espessura do pistão quente
8. Rebites do cabeçote, utilizados na estrutura do cabeçote e Suporte para o virabrequim e volante.
9. Eixo do pistão
10. Mangueira de conexão entre os cilindros
11. Biela
12. Conectores Sindal utilizados para unir o eixo do pistão quente ao virabrequim, permitindo movimento relativo entre as peças.
13. Suporte para o cilindro quente

## ETAPAS DA CONSTRUÇÃO

A construção do motor Stirling, proposto nesse manual, utilizará apenas materiais de baixo custo, como latinhas de alumínio, raios de bicicleta, tampinha de garrafa PET entre outros. Aqui serão apresentadas formas de se confeccionar as diversas peças que compõem o motor, suas finalidades operacionais e dicas importantes para auxiliar a sua construção. Para a construção do motor Stirling deve-se seguir os seguintes passos:

### I. Base horizontal do motor e Suporte para o cilindro quente

A **Base horizontal do motor** e o **Suporte para o cilindro quente** correspondem, na ilustração (Croqui) acima, respectivamente, as estruturas de número **1 e 13**. A **base horizontal do motor** consiste em uma tábua de madeira com estrutura retangular, tendo 25,00 cm de comprimento por 15,00 cm de largura. Indica-se a utilização de madeiras como MDF, por serem perfeitamente niveladas, fato que facilita a montagem e funcionamento do motor, por promover maior precisão na conexão das suas diversas partes.

O **Suporte para o cilindro quente (Figura 1)** consiste em uma tábua de madeira retangular, com 15,00 cm de comprimento por 10,00 cm de largura. Essa peça tem a função de sustentar o cilindro quente, sendo necessário para isso que seja feito nela um furo com 57,00 mm de diâmetro. Para fazer esse furo na madeira recomenda-se a utilização de uma serra copo de 56,0 mm de diâmetro. Vale ressaltar que essa medida de serra copo não é convencional e conseqüentemente não é disponibilizada nos diversos kits disponíveis no mercado, tendo que ser adquirida individualmente e com um custo mais elevado.

**Figura 1 - Suporte para o cilindro quente**



Fonte do Autor

## II. Cilindro quente

O **cilindro quente** corresponde na ilustração (Croqui) acima, a estrutura de número **5**. Ele é o local onde ocorre o aquecimento e expansão do ar, ou seja, a câmara de expansão do ar aquecido. Para montar o cilindro quente basta cortar uma lata de 220 ml com 9,0 cm de altura utilizando uma lâmina de gillete adaptada em uma placa de madeira para melhor suporte (Figura 2). Sugere-se a utilização de latas de alumínio por serem mais fáceis de serem manipuladas, porém, as latas de ferro (latas de spray) oferecem muito mais resistência e dessa forma promovem uma maior vida útil da peça.

OBS: O eixo do pistão quente deve estar rigorosamente alinhado, em altura, ao eixo do virabrequim, garantindo o correto funcionamento do mecanismo.

**Figura 2** – Cilindro quente construído com lata de alumínio ou lata de ferro



Fonte do Autor com alterações feitas pelo Gemini

**Figura 3** – Detalhe do cilindro quente construído com lata de alumínio e o cabeçote



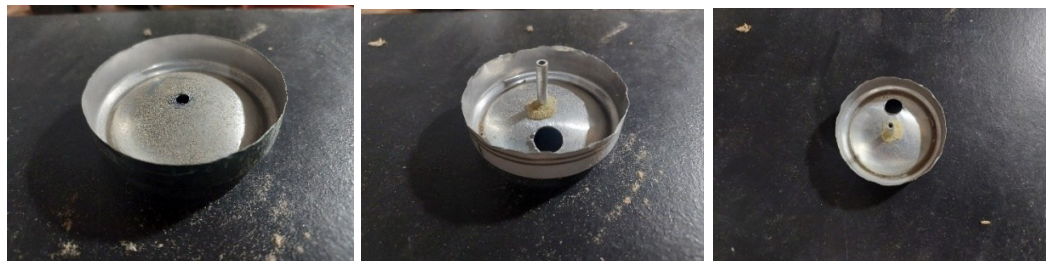
Fonte do Autor com alterações feitas pelo Gemini

## III. Cabeçote

O **cabeçote**, no caso do motor desenvolvido nesse manual, é a peça que veda o cilindro quente. Para montar o cabeçote, inicialmente corta-se o fundo da lata com 1,5 cm de altura, sendo necessário em seguida fazer um furo no centro com 2,0 mm de diâmetro e um segundo furo com 10,0 mm de diâmetro na extremidade da circunferência. Para finalizar a montagem do cabeçote basta fixar, utilizando cola

instantânea e bicarbonato de sódio, uma cabeça de rebite no furo central como mostrado na figura 4.

**Figura 4** – Fases para construção do cabeçote.



Fonte do Autor

#### IV. Cilindro frio e Pistão

O **cilindro frio** do motor Stirling, representado pela estrutura de número **2** do croqui acima, corresponde a câmara de resfriamento do ar, ou seja, o local onde o fluido de trabalho do motor (ar ambiente, no nosso caso) é resfriado após ser deslocado do cilindro quente. Nele ocorre a compressão do gás de trabalho, sendo um componente essencial para o funcionamento do ciclo Stirling, que envolve expansão e compressão do gás em ciclos contínuos.

Para montar o cilindro frio do modelo de motor Stirling proposto nesse roteiro, foi feito um furo de 10,00 mm de diâmetro em uma tampa de lata de Spray. Essa tampa de *spray* foi fixada na Base horizontal do motor (representado pelo número **1** do croqui) de forma centralizada com o suporte de virabrequim (representado pelo número **4** do croqui). Agora deve-se fazer o encaixe da mangueira de ar (representado pelo número **10** do croqui) que conecta os cilindros frio e quente, e em seguida fechar o cilindro frio com a bexiga de látex. Sobre a bexiga foi fixada, utilizando-se cola instantânea, o **pistão** frio, que consiste em uma tampinha de garrafa PET (nas Figuras 5 e 6 é o objeto azul), onde foi previamente colado um pedaço de aproximadamente 6,0 cm de arame, que corresponde ao eixo do pistão frio.

**Figura 5** – Vista de perfil do Cilindro Frio (cor alaranjada) produzido com a tampa de Lata de spray sob a Base horizontal do motor, centralizado com o suporte do virabrequim.



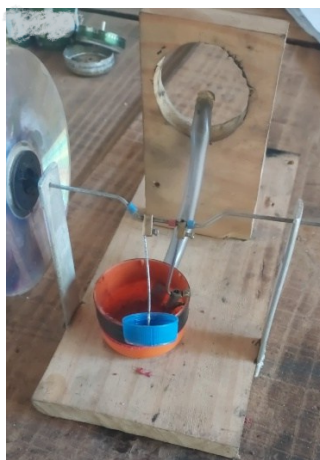
Fonte do Autor

**Figura 6** – Vista mais detalhada do cilindro frio e o Pistão



Fonte do Autor

**Figura 7** – Vista frontal do cilindro frio



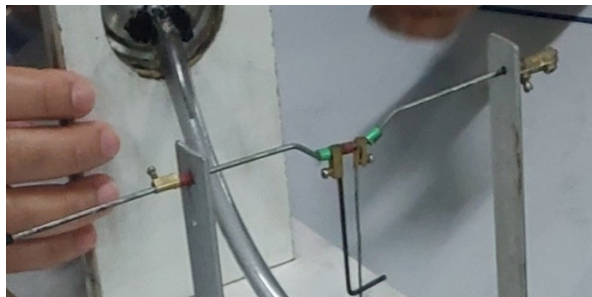
Fonte do Autor

## V. Virabrequim

O **virabrequim** tem a função de converter o movimento linear dos pistões em movimento de rotação no motor (Figura 8). Para construir o virabrequim, utiliza-se um raio de bicicleta de 2 mm de diâmetro, conforme apresentado na Figura 9. Indica-se a utilização de um gabarito (Figura 10) para auxiliar o processo. Ressalta-se que as dimensões do virabrequim devem ser harmonizadas com o curso do pistão para garantir um movimento eficiente, ou seja, o curso completo do virabrequim deve coincidir com o curso do pistão dentro do cilindro.

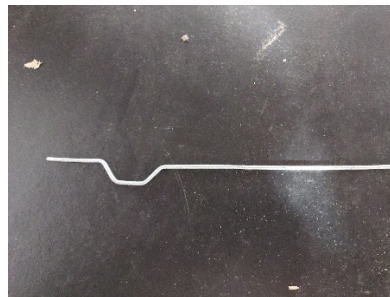
OBS: Não é possível visualizar o virabrequim no croqui eis que este foi elaborado com vista em perfil.

**Figura 8** – Virabrequim acoplado ao seu suporte que fica perpendicular a base horizontal do motor



Fonte do Autor

**Figura 9** - Vista do Virabrequim.



Fonte do Autor

**Figura 10** – Gabarito utilizado para construção do Virabrequim



Fonte do Autor

## VI. Volante

O **Volante** (ou roda de inércia), representado no croqui com o número **3**, possui a função de manter o movimento contínuo do motor, compensando as variações de força durante o ciclo. Para construir o volante, serão necessários: quatro cd's, duas tampinhas plásticas e um conector Sindal. Inicialmente, utilizando cola instantânea, cola-se os quatro cd's formando um disco único. Na sequência cola-se as tampinhas plásticas nos dois lados do disco único como mostrado na Figura 11. Em seguida, utilizando cola instantânea e bicarbonato, foi fixado em uma das tampinhas um conector Sindal de 2 mm. Quando a cola estiver secado, deve-se preencher a estrutura com massa epóxi para garantir resistência a estrutura (Figura 12). É fundamental que durante montagem do volante seja mantido o alinhamento entre suas partes.

**Figura 11** – Volante produzido com quatro cd's formando um disco único já anexada as tampinhas como conector Sindal



Fonte do Autor

**Figura 12** - Conector Sindal no centro da tampinha preenchida com epoxi



Fonte do Autor

## VII. Pistão quente - deslocador

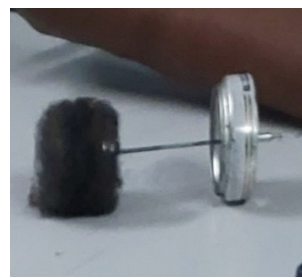
O pistão deslocador (Figura 13) deverá ser feito com palha de aço enrolado suavemente a haste, dois discos de alumínio vazados, retirados da parte superior de latas de refrigerante e um conector para manter a estrutura fixa. A estrutura deverá ter uma espessura de 30 mm. Em seguida, deve-se verificar o ajuste do pistão na câmara de expansão.

**Figura 13** – Estrutura que compõe o pistão



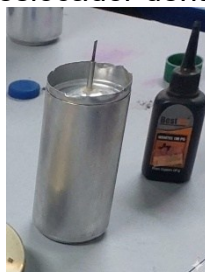
Fonte do Autor

**Figura 14** – Pistão quente



Fonte do Autor

**Figura 15** Pistão deslocador dentro do cilindro quente



Fonte do Autor com alterações feitas pelo Gemini

### VIII. Mangueira de ar

A mangueira, representado no croqui com o número **8**, tem a função de conduzir a troca de ar entre o cilindro quente e o cilindro frio, formando um sistema fechado para trocas de ar. O condutor de ar deverá ser construído conectando uma mangueira de 5 mm de diâmetro ao orifício de 10 mm de diâmetro no cilindro quente ao orifício de mesma dimensão no cilindro frio.

**Figura 16** – Mangueira usada para conduzir a troca de ar entre os cilindros quente e frio.



Fonte do Autor

**Figura 17** – Vista de perfil da estrutura do motor, com destaque para a mangueira conectando o cilindro frio e o local onde foi instalado o cilindro quente



Fonte do Autor

### - Motor Stirling

Após concluir a construção das peças listadas acima, inicia-se a etapa de montagem do motor Stirling. Nesse momento ressalta-se a importância de manter atenção especial no alinhamento e vedação durante a montagem do motor, para permitir o seu pleno funcionamento.

**Figura 18** – Motor Stirling



Fonte do Autor com alterações feitas pelo Gemini

### **Considerações finais**

A construção do motor Stirling, além de possibilitar a compreensão prática de conceitos fundamentais da Física Térmica e da Termodinâmica, promove o desenvolvimento de habilidades como trabalho em grupo, resolução de problemas, planejamento experimental e análise crítica de questões socioambientais. O uso de materiais de baixo custo torna a atividade acessível e favorece sua aplicação em diferentes contextos escolares, estimulando uma aprendizagem significativa e contextualizada.