



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS**

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO  
AMAZONAS**

**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL-MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO FUNDAÇÃO  
COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR**

**O MODELO DA SALA DE AULA INVERTIDA PARA A APRENDIZAGEM  
CONCEITUAL EM TERMODINÂMICA BÁSICA**

**JANÁINA BEZERRA PACHECO**

**Área de concentração: Física na Educação Básica**

**Orientador: Prof. Dr José Galúcio Campos**

**Manaus – Amazonas  
2022**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS**  
**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO**  
**AMAZONAS**  
**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL-MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO FUNDAÇÃO**  
**COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR**

**O MODELO DA SALA DE AULA INVERTIDA PARA A APRENDIZAGEM**  
**CONCEITUAL EM TERMODINÂMICA BÁSICA**

**JANÁINA BEZERRA PACHECO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação de Mestrado Profissional em Ensino de Física (PROFIS- Am) da Universidade Federal do Amazonas e Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, campus Manaus, no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

**Área de concentração: Física na Educação Básica**

**Orientador: Prof. Dr José Galúcio Campos**

Manaus – Amazonas  
2022

**JANÁINA BEZERRA PACHECO**

**O MODELO DA SALA DE AULA INVERTIDA PARA A  
APRENDIZAGEM CONCEITUAL EM TERMODINÂMICA BÁSICA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação de Mestrado Profissional em Ensino de Física (PROFIS- Am) da Universidade Federal do Amazonas e Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, campus Manaus, no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

**Área de concentração: Física na Educação Básica**

Orientador: Dr. José Galúcio Campos.

---

Examinador (a): Dr. Igor Padilha.

---

Examinador (b): Dr. Felipe Denardin Costa.

---

Suplente interno: Dr. José Anglada Rivera.

---

Suplente externo: Dr. Márcio Andrei Amazonas.

---



INSTITUTO FEDERAL  
AMAZONAS

SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
FUNDAÇÃO COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR  
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA  
PROGRAMA NACIONAL DE MESTRADO EM ENSINO DE FÍSICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAZONAS  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS



## Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - Polo 4

### Ata da 56ª Defesa de Dissertação

Aos cinco dias do mês de dezembro, do ano de dois mil e vinte e dois, às nove horas, por webconferência, ocorreu a Defesa da Dissertação da mestranda **Janáina Bezerra Pacheco**, intitulada: **“O MODELO DA SALA DE AULA INVERTIDA PARA APRENDIZAGEM CONCEITUAL EM TERMODINÂMICA”**, do Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 4 das Instituições de Ensino Superior: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM) e Universidade Federal do Amazonas (UFAM). A Banca Examinadora foi composta pelo Prof. Dr. José Galúcio Campos, Prof. Dr. Igor Tavares Padilha e Prof. Dr. Felipe Denardin Costa. O Professor Doutor José Galúcio Campos, Presidente, deu início aos trabalhos, convidando os membros a comporem a Banca Examinadora. O Presidente fez a leitura dos procedimentos para defesa de dissertação, e convocou a mestranda para fazer a exposição de seu trabalho que, em seguida, foi arguido pelos membros da Banca Examinadora. Após a arguição, a Banca Examinadora reuniu-se privativamente e decidiu pela aprovação do trabalho. Ao final, os presentes foram chamados para tomarem conhecimento do resultado da avaliação, o Presidente da banca comunicou a interessada que feitas às devidas correções na dissertação, conforme sugestão da banca Examinadora, o discente é obrigado a entregar, na secretaria do polo 4, até sessenta (60) dias após a data da defesa, uma (02) vias impressa e encadernada no formato capa dura, e duas vias digitais em formato PDF, para os trâmites necessários à concessão do diploma, conforme Resolução N°.47 - CONSUP/IFAM de 13 de julho de 2015. Nada mais havendo a tratar, foi lavrado a presente Ata que, após lida e aprovada, será assinada pelos presentes.

Prof. Dr. José Galúcio Campos  
Presidente - IFAM

Prof. Dr. Igor Tavares Padilha  
Membro Interno - UFAM

Prof. Dr. Felipe Denardin Costa  
Membro Externo - UNIPAMPA

**Biblioteca IFAM – Campus Manaus Centro**

---

P116m Pacheco, Janáina Bezerra.

O modelo da sala de aula invertida para a aprendizagem conceitual em termodinâmica básica / Janáina Bezerra Pacheco. – Manaus, 2021.

147 p. : il. color.

Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, *Campus* Manaus Centro; Universidade Federal do Amazonas, 2021.

Orientador: Prof. Dr. José Galúcio Campos.

1. Física – ensino. 2. Aprendizagem conceitual. 3. Sala de aula invertida. I. Campos, José Galúcio. (Orient.) II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas. III. Universidade Federal do Amazonas. IV. Título.

CDD 530

## **DEDICATÓRIA**

Dedico esta dissertação a minha família, que sempre acreditou em mim e nunca largou a minha mão nos momentos difíceis; aos meus alunos(as), que todos os dias me levam a repensar e melhorar o meu trabalho e em memória ao meu irmão Frantomé Bezerra Pacheco.

## AGRADECIMENTOS

A Deus pelas providências divinas, por não me abandonar, por me ajudar a recomeçar e pelas bênçãos concedidas ao longo dessa jornada.

A minha mãe, Maria do Carmo Bezerra Pacheco, por toda credibilidade, força, motivação, compreensão e apoio que foram primordiais para que eu chegasse até aqui.

A meus filhos Miguel Pacheco e Gabriel Pacheco e ao Tailler Vasconcelos pelo incentivo, pela compreensão nos momentos de grande estresse e por entenderem a minha ausência.

As minhas irmãs Maria de Jesus Pacheco R. Vieira e Jesuete Pacheco Brandão que nunca mediram esforços para me ajudar, orientando e apoiando em todos os momentos, principalmente nos momentos finais deste trabalho.

Ao meu sobrinho Thássio Pacheco Vieira e ao meu ex-aluno Diogo Marinho que me ajudaram muito na realização desta pesquisa.

Ao meu orientador Dr. José Galúcio Campos pela incansável ajuda e orientação na elaboração deste trabalho.

Ao programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), por proporcionar esse nível de ensino em física para os professores dos municípios do Amazonas.

Aos docentes que compartilharam os conhecimentos para que pudéssemos estar aqui dando mais um passo em direção da obtenção do Título de Mestre.

À Banca Examinadora que se dispôs em fazer parte da avaliação da Defesa da Dissertação de Mestrado.

À CAPES, posto que o presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil(CAPES) – Código de Financiamento 001.

A todas as pessoas que contribuíram de maneira direta ou indiretamente com esta pesquisa.

## **RESUMO**

### **O MODELO DA SALA DE AULA INVERTIDA PARA A APRENDIZAGEM CONCEITUAL EM TERMODINÂMICA BÁSICA NO ENSINO MÉDIO**

**JANÁINA BEZERRA PACHECO**

**Área de concentração: Física na Educação Básica**

Orientador: Prof. Dr José Galúcio Campos

O presente trabalho apresenta um estudo, cujo objeto são os processos de ensino e aprendizagem acerca da aprendizagem conceitual em termodinâmica básica; temperatura, calor e mudança de estado. Os sujeitos da pesquisa foram os estudantes do 2º ano do Ensino Médio de uma escola pública de tempo integral do Município de Parintins. Este trabalho teve como objetivo elaborar uma cartilha sobre o assunto em pauta utilizando o modelo da sala de aula invertida, a SAI. A metodologia da pesquisa foi de enfoque qualitativo, uma vez que se investigou as respostas dos alunos no pré-teste, durante as atividades experimentais em sala de aula, nas transcrições de relatos dos alunos e no pós teste. Realizou-se revisão bibliográfica acerca da aprendizagem conceitual, o conceito científico como notória dificuldade de aprendizagem em física, e, do modelo da Sala de Aula Invertida (SAI). Fizemos o delineamento do produto educacional em formato de cartilha para auxiliar o docente acerca das questões pedagógicas ante a aprendizagem dos conceitos básicos da termodinâmica. Como resultado, constatamos indícios de que houve aprendizagem conceitual dos assuntos em destaque. Ressalta-se que todo o desenvolvimento deste trabalho, bem como a concretização das etapas metodológicas aconteceram em pleno contexto da pandemia da Covid-19.

**Palavras-chave:** Aprendizagem conceitual; Sala de Aula Invertida; Ensino de Física

## **ABSTRACT**

### **THE FLIPPED CLASSROOM MODEL FOR CONCEPTUAL LEARNING IN BASIC THERMODYNAMICS IN HIGH SCHOOL**

JANÁINA BEZERRA PACHECO

**Advisor:** Prof. Dr José Galúcio Campos

The present work presents a study whose object is the teaching and learning processes about conceptual learning in basic thermodynamics; temperature, heat and change of state. The research subjects were 2nd year high school students from a full-time public school in the city of Parintins. This work aimed to develop a booklet on the subject in question using the model of the inverted classroom, the SAI. The research methodology had a qualitative approach, since the students' responses were investigated in the pre-test, during the experimental activities in the classroom, in the transcripts of student reports and in the post-test. A bibliographic review was carried out on conceptual learning, the scientific concept as a notorious learning difficulty in physics, and the model of the Inverted Classroom (IS). We designed the educational product in the form of a booklet to help the teacher with regard to learning the basic concepts of thermodynamics. As a result, we found evidence that there was conceptual learning of the highlighted subjects. It is noteworthy that the entire development of this work, as well as the implementation of the methodological steps took place in the full context of the Covid-19 pandemic.

**Key-words:** Conceptual learning; Flipped classroom; Physics Teaching.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Sistemas A e B inseridos num recipiente de paredes adiabáticas .....	20
<b>Figura 2</b> Termômetro de Mercúrio .....	22
<b>Figura 3</b> Termômetro de álcool .....	23
<b>Figura 4</b> Termômetro a gás.....	23
<b>Figura 5</b> Gráfico da razão ( $P_v/P_g$ ).....	24
<b>Figura 6</b> Transferência de energia.....	28
<b>Figura 7</b> Calorímetro de mistura .....	31
<b>Figura 8</b> Respostas das experiências da aula 1: temperatura e calor .....	64
<b>Figura 9</b> Respostas das experiências da aula 2, processo da transmissão de calor: condução, convecção e radiação .....	65
<b>Figura 10</b> Respostas das experiências da aula 3, mudança de estado: fusão, solidificação, vaporização e condensação .....	67
<b>Figura 11</b> Etapas da Sala de aula Invertida (SAI).....	85
<b>Figura 12</b> Materiais da experiência 1: temperatura e calor .....	87
<b>Figura 13</b> Execução da experiência 1: temperatura e calor .....	87
<b>Figura 14</b> Materiais da experiência 2: temperatura e calor .....	88
<b>Figura 15</b> Execução da experiência 2: temperatura e calor.....	88
<b>Figura 16</b> Materiais da experiência 3: temperatura e calor.....	89
<b>Figura 17</b> Execução da experiência 3: temperatura e calor.....	89
<b>Figura 18</b> Materiais da experiência 4: temperatura e calor.....	90
<b>Figura 19</b> Execução da experiência 4: temperatura e calor.....	90
<b>Figura 20</b> Materiais da experiência 5: temperatura e calor.....	91
<b>Figura 21</b> Execução da experiência 5: temperatura e calor.....	91
<b>Figura 22</b> Materiais da experiência 1: transmissão de calor.....	93
<b>Figura 23</b> Execução da experiência 1: transmissão de calor.....	94
<b>Figura 24</b> Materiais da experiência 2: transmissão de calor.....	94
<b>Figura 25</b> Materiais da experiência 3: transmissão de calor.....	95
<b>Figura 26</b> Execução da experiência 3: transmissão de calor.....	95
<b>Figura 27</b> Materiais da experiência 4: transmissão de calor.....	96
<b>Figura 28</b> Execução da experiência 4: transmissão de calor.....	96
<b>Figura 29</b> Materiais da experiência 5: transmissão de calor.....	97
<b>Figura 30</b> Execução da experiência 5: transmissão de calor .....	97
<b>Figura 31</b> Materiais da experiência 1: mudança de estado .....	99
<b>Figura 32</b> Execução da experiência 1: mudança de estado .....	99

<b>Figura 33</b> Materiais da experiência 2: mudança de estado .....	100
<b>Figura 34</b> Execução da experiência 2: mudança de estado .....	100
<b>Figura 35</b> Materiais da experiência 3: mudança de estado.....	101
<b>Figura 36</b> Execução da experiência 3: mudança de estado .....	101
<b>Figura 37</b> Execução da experiência 4: mudança de estado .....	102
<b>Figura 38</b> Esquema da Sequência didática .....	106

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>CAPÍTULO 1 – APORTES TEÓRICOS DA FÍSICA: CONCEITUAÇÃO BÁSICA DE TERMODINÂMICA .....</b>	<b>16</b>
<b>1.1 O estudo da termodinâmica: temperatura e calor .....</b>	<b>16</b>
1.1.1A terminologia e sua divisão .....	18
1.1.2 Conceituação de Temperatura.....	19
1.1.3 Lei zero da termodinâmica.....	20
1.1.4 Uma resenha sobre termômetros de mercúrio, álcool e de gás.....	21
1.1.5 Conceituação de Calor.....	27
1.1.6 Capacidade Térmica .....	29
1.1.7 Transmissão de Calor.....	31
1.1.8 Mudanças de estado.....	34
<b>CAPÍTULO 2 - PARÂMETROS PEDAGÓGICOS PARA O ENSINO DA FÍSICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA .....</b>	<b>37</b>
<b>2.1 Educação escolar e o ensino de física na educação básica .....</b>	<b>37</b>
<b>2.2 Parâmetros pedagógicos e a metodologia ativa da sala de aula invertida...</b>	<b>39</b>
<b>2.3 Questões pertinentes acerca da investigação.....</b>	<b>43</b>
2.3.1 Contexto da investigação.....	44
2.3.2 A percepção do verbete “conceito”.....	45
<b>CAPÍTULO 3 - ESTRATÉGIA METODOLÓGICA DA PESQUISA .....</b>	<b>47</b>
<b>3.1 Universo da Pesquisa.....</b>	<b>47</b>
<b>3.2 Método da Pesquisa.....</b>	<b>47</b>
<b>3.3 Procedimentos Metodológicos.....</b>	<b>48</b>
<b>3.4 As etapas da investigação.....</b>	<b>48</b>
<b>CAPÍTULO 4 - ENSINO E APRENDIZAGEM – DO PRÉ-TESTE AO PÓS-TESTE, DA APLICAÇÃO CONCEITUAL DE GRANDEZAS DA TERMODINÂMICA: TEMPERATURA, CALOR E MUDANÇA DE ESTADO.....</b>	<b>51</b>
<b>4.1 O pré-teste como diagnóstico dos conceitos básicos da termodinâmica: resultados e discussão .....</b>	<b>51</b>
<b>4.2 Implementando a metodologia ativa: Sala de aula invertida (SAI).....</b>	<b>62</b>
<b>4.3 Um debate de tema interdisciplinar como verificação de aprendizagem.....</b>	<b>67</b>
<b>4.4 O aprendizado dos conceitos da física indicado no pós-teste .....</b>	<b>71</b>

<b>CAPÍTULO 5 - CARTILHA VOLTADA AO ENSINO DE TEMPERATURA, CALOR E MUDANÇA DE ESTADO: UMA PROPOSTA PEDAGÓGICA .....</b>	<b>82</b>
<b>5.1 A gênese do produto.....</b>	<b>83</b>
<b>5.2 Sala de aula invertida como modelo de ensino.....</b>	<b>84</b>
<b>5.3 Calor e temperatura (1 aula presencial).....</b>	<b>86</b>
<b>5.4 Processos de transmissão de calor (2 aulas presenciais).....</b>	<b>92</b>
<b>5.5 Mudanças de estado físico da matéria (1 aula presencial).....</b>	<b>98</b>
<b>5.6 Abertura de grupos de discussão (1 aula presencial).....</b>	<b>102</b>
<b>5.7 Avaliação Final da metodologia.....</b>	<b>106</b>
<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>108</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>110</b>
<b>APÊNDICES.....</b>	<b>112</b>

## INTRODUÇÃO

A física deve ser o aporte para compreensão do mundo, pois permite o conhecimento das leis gerais da natureza, reguladoras do universo em volta. Desta forma, deve-se usar a beleza conceitual que essa ciência traz em si, antes de se investir na matematização dos problemas. Esse exercício, evitará que o(a) estudante insista em reduzir a física à matemática, pois, afinal, nenhum(a) físico(a) ao investigar, e descobrir, um novo fenômeno, começa por matematizá-lo, uma vez que essa fase se faz somente após sua conceitualização.

A partir desta visão, este estudo tem como objeto os processos de ensino e aprendizagem, pois está voltado para investigar, indicar e intervir pedagogicamente diante das dificuldades de aprendizagem conceitual em física dos alunos do Ensino Médio de uma escola pública do Município de Parintins, no interior do Estado do Amazonas, com as especificidades de atender a um só tempo a dialética professor-aluno, aluno-recursos didático e aluno-objeto de aprendizagem por meio de situações-problema que devem ser resolvidas por meio de metodologias ativas.

Neste contexto, adota-se o conteúdo programático de termodinâmica contido no currículo do 2º ano/série do Ensino Médio. Este assunto pertence ao escopo da física clássica de modo que os conhecimentos conceituais de temperatura, calor e mudança de estado, encontram-se em torno da vida diuturna dos alunos podendo acessá-los por meio da experiência direta.

A compreensão da termodinâmica básica é fundamental para a autonomia do aluno de modo que a busca desse conhecimento científico deve ser incentivada pelo professor. No entanto, é notório que a maioria dos alunos não consegue relacionar e/ou (re)contextualizar esse conhecimento em seu dia a dia.

Há razões para acreditar que essas dificuldades podem estar relacionadas à falta do conhecimento conceitual, inteira ou parcialmente, fomentado pela ausência de propostas didáticas e metodológicas capazes de movimentar e estimular os alunos, tirando-os do seu estado de passividade, e, ajudando-os a superarem o seu desinteresse pela aprendizagem de Física.

As pesquisas no ensino das Ciências vêm sugerindo, desde a década de 1990, que a dificuldade de aprendizagem conceitual da termodinâmica básica encontrada nos alunos do

Ensino Médio ocorre como consequência de ações pedagógicas inapropriadas, pois professor em vez de praticar o ensino da Física por meio de situações problemas, opta por fazê-la de forma abstrata e descontextualizada, isto é, pelo uso da metodologia tradicional. Entretanto, não há um motivo em especial que justifique a crise no ensino de Física. Todavia, as dificuldades de aprendizagem que são evidenciadas a todo instante nos diferentes níveis de ensino é o que temos concretamente no processo educacional.

Nesse contexto, na investigação realizada por Araújo e Uchôa (2015) ficou determinado, por meio de pesquisa empírica com alunos do Ensino Médio, que os três principais fatores que dificultam a aprendizagem em física são, em ordem de importância: a base matemática incipiente, a falta de atividades práticas de laboratório, a interpretação dos problemas propostos como exercício. Outros indicadores registrados pelos referidos autores foram mais além e trouxeram a baila: a dificuldade de leitura do livro didático, a pouca utilização de mídias digitais, a abstração inerente às teorias físicas, entre outros.

No estudo de Barroso e Silva (2018) identificaram as dificuldades de aprendizagem nos resultados das provas do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), no Caderno de Provas de Ciências Naturais. Estes estudiosos fizeram toda uma análise estatística e concluíram que os alunos do final do ensino médio ainda não aprenderam os conceitos básicos da Física, pois ainda possuem concepções não científicas fortemente imbricadas em suas estruturas cognitivas. Isto remete à dificuldade de aprendizagem conceitual.

Quilbão *et al.* (2018), mediram o ganho de aprendizagem conceitual em física, junto aos estudantes ingressantes na USP de São Carlos, nos cursos de Engenharia, Física e Matemática. Nesse estudo, os autores verificaram o ganho da aprendizagem conceitual, a partir da comparação entre as turmas diante de metodologias diferentes: as metodologias ativas e a tradicional. Os resultados mostraram, entre outras questões, que o ganho de aprendizagem conceitual foi maior nas turmas em que foi empregado as metodologias ativas.

No entanto, concomitantemente ao estabelecido na literatura especializada, acredita-se que é possível superar essa dificuldade, utilizando-se de um modelo pedagógico mais dinâmico, envolvente, eclético, e que coloque o aluno como agente ativo do processo de aprendizagem, tal qual a Sala de Aula Invertida, a SAI (BERGMANN; SAMS, 2018).

A SAI é considerada uma metodologia de ensino inovadora e pertence ao escopo das chamadas metodologias ativas de aprendizagem, um modelo pedagógico que não exige uma

única forma de resolução de situações-problemas, como ressaltam seus autores (BERGMANN, J.; SAMS, 2018, p.30):

[...] Não existe metodologia específica a ser replicada, nem *checklist* a seguir que leve a resultados garantidos. Inverter a sala de aula tem mais a ver com certa mentalidade: a de deslocar a atenção do professor para o aprendiz e para a aprendizagem. Todo professor que optar pela inversão, terá uma maneira distinta de colocá-la em prática. Com efeito, ainda que tenhamos desenvolvido as salas de aula invertidas juntos e nossas salas de aula sejam vizinhas, ambas ainda seriam distintas entre si, assim como nossas personalidades e nossos estilos didáticos se diferenciam em meio às semelhanças.

Nesta condição mostra-se oportuno elaborar como produto uma cartilha com os resultados da aplicação metodológica da SAI, voltada ao ensino e aprendizagem conceitual de grandezas da termodinâmica: temperatura, calor e mudança de estado. Articulando as teorias da física, no caso as grandezas da termodinâmica, com os conceitos abordados no Ensino da Física do Ensino Médio.

O objetivo deste trabalho consiste em *elaborar uma cartilha com a aplicação, cujo aporte pedagógico seja a metodologia ativa da sala de aula invertida voltada ao ensino e à aprendizagem conceitual de grandezas da termodinâmicas: temperatura, calor e mudança de estado, ancorando-se em genuínas situações-problemas*. Tencionando alcançar tal objetivo, realizou-se uma pesquisa de enfoque qualitativo, uma vez que se investigou a partir: i) das respostas de um teste-diagnóstico, analisando a escrita discursiva; ii) da observação direta durante as atividades experimentais em sala de aula presencial; iii) da análise das transcrições de relatos dos alunos em contexto de discussões; iv) da verificação do conhecimento alcançado no pós-teste (SAMPIERI; COLLADO; LÚCIO, 2013).

Este trabalho está distribuído em cinco capítulos: no Capítulo 1 apresenta os aportes teóricos que servem como fundamentos para o presente estudo, neste destacam-se os conceitos básicos da Termodinâmica: temperatura, calor e mudança de estado; no Capítulo 2 demonstra-se as definições das metodologias ativas, em destaque o modelo Sala de Aula Invertida; no Capítulo 3 expõe-se a estratégia metodológica da pesquisa; no Capítulo 4, são apresentados os resultados dos procedimentos desenvolvidos para a coleta de dados, descrevendo as sequências didáticas no modelo SAI no ensino da Física; por fim o Capítulo 5 apresenta o produto como uma proposta de cartilha com as sequências didáticas para o processo de ensino e aprendizagem do componente curricular Física da área de conhecimento Ciências da Natureza, como sugestão no trabalho com o objeto de estudo Termodinâmica: temperatura, calor e mudança de estado.

## CAPÍTULO 1 – APORTES TEÓRICOS DA FÍSICA: CONCEITUAÇÃO BÁSICA DA TERMODINÂMICA

Nesta seção argumenta-se fundamentado nos aportes teóricos acerca das realidades que compõem este estudo da Física. São eles: os conceitos científicos da parte da Física referente à termodinâmica, em específico, à temperatura, o calor, os processos de transmissão de calor e a mudança de estado.

Desse modo explicita-se, não só a conceituação, mas também uma abordagem referente aos termômetros mais conhecidos, às fórmulas de aplicação de cálculos que são utilizadas no processo de conhecimento dos fenômenos da termodinâmica básica.

### 1.1 O estudo da termodinâmica: temperatura e calor

A Termodinâmica se baseia nas trocas de energia entre sistemas, ou seja, em como estas trocas atuam sobre as propriedades destes sistemas. Neste contexto, é definida a energia interna microscópica como a soma das energias potenciais e cinéticas das partículas constituintes do sistema. Esta energia interna pode variar (e a variação pode ser medida) através da realização de trabalho (energia transferida de uma força ao longo de um deslocamento) sobre ou pelo sistema, ou pela transferência de energia térmica entre o sistema e o exterior.

Nessa perspectiva ressalta-se que a termodinâmica tem duas bases fundamentais. A primeira é a conservação da energia, visto que esta não pode ser destruída, mas sim ser transformada em outra forma de energia. A segunda é que o calor desloca-se naturalmente do quente para o frio. Dessa maneira, abordar-se-á desde a nomenclatura do termo termodinâmica até os preceitos que tratam dos fenômenos da termodinâmica relacionados com os conceitos de calor e temperatura.

A nomenclatura *termodinâmica* foi atribuída pelo Lord Kelvin (Sir William Thomson), nos meados do século XIX quando publicou *On an Absolute Thermometric Scale founded on Carnot's theory of the Motive Power of Heat, and calculated from Regnault's observations (A escala termométrica absoluta fundada na Teoria da Força Motriz do Calor de Carnot e calculada a partir das Observações de Regnault)*.

Hewitt (2015) ressalta que, a termodinâmica adveio antes da compreensão da teoria atômica e molecular da matéria. O referido autor cita sobre aquela época quando os estudos sobre esse contexto tinham pouca sustentação científica:

[...] os primeiros estudiosos da termodinâmica possuíam apenas uma vaga noção dos átomos, e não sabiam nada acerca de elétrons e de outras partículas microscópicas, os modelos que eles utilizavam envolviam apenas noções macroscópicas – tais como trabalho mecânico, pressão e temperatura – e os papéis que elas desempenhavam nas transformações de energia. (HEWITT, 2015, p.337).

Os aportes teóricos de Hewitt (2015), explicam sobre o desconhecimento da termodinâmica. Era tão elementar que havia crenças por parte dos inventores industriais, da possibilidade de se construir uma máquina com movimento permanente, pois partiam do seguinte pressuposto: se um dado artefato, a exemplo das máquinas, recebesse uma energia inicial, logo poderia operar de forma contínua e infinita sem a necessidade de receber impulsão de energia.

As análises do Lord Kelvin (William Thomson) na obra supramencionada de 1848, assim como a de 1951, *On the Dynamical Theory of Heat, with numerical results deduced from Mr Joule's equivalent of a thermal unit, and M. Regnault's observations on steam* “Teoria Dinâmica do Calor, com resultados numéricos deduzidos do equivalente de uma unidade térmica do Sr. Joule e das observações do Sr. Regnault sobre o vapor”, substituíram os paradigmas instituídos e contribuíram para as novas tecnologias, entre outras à criação das máquinas: com turbinas a vapor; térmicas; inclusive, os reatores nucleares.

Partindo dessas premissas e para o entendimento sobre a termodinâmica, se faz necessário a apresentação conceitual atribuída a esta, entre outras importantes estão a de: i) Sears e Salinger (1979, p.2), conceitua a termodinâmica com uma ciência experimental, baseada em um pequeno número de princípios, que são generalizações feitas a partir da experiência; ii) Nussenzveig (2002), o qual não faz bem um conceito, mas ressalta aportes relevantes para o estudo em pauta pretendido:

[...] a termodinâmica lida com fenômenos associados aos conceitos de temperatura e calor. A descrição termodinâmica é sempre, portanto, uma descrição macroscópica, que só se aplica a sistemas com um número suficientemente grande de partículas [...]. A descrição termodinâmica é uma descrição estatística, regida por leis de mesma natureza. (NUSSENZVEIG, 2002, p.156-157).

Cabe ressaltar que um dos conceitos centrais da termodinâmica é a temperatura. Esta

é importante para a física e para a engenharia pelo fato do emprego nas novas tecnologias que abrangem as engenharias de alimento, de carro, meteorologia, biomedicina e outras (HALLIDAY; RESNICK, 2012).

### 1.1.1 A termologia e sua divisão

A termologia é a divisão da física que estuda os fenômenos ligados à energia térmica que compreendem questões relacionadas: ao calor (produção e transmissão); à temperatura; mudanças de estado físico, estudo dos gases, dilatação térmica e contração dos corpos etc. A sua interpretação pode ocorrer pelos dois enfoques que se complementam: o macroscópico voltado para um dado sistema de forma geral, ou seja, abrange as propriedades que poderão ser definidas pelos sentidos humanos; o microscópico não possibilita o modo aparente, visível e perceptivo considera, por exemplo: as energias das moléculas e as respectivas velocidades e interações.

De acordo com Knight (2009), as propriedades macroscópicas envolvem: massa, volume, densidade, temperatura e a pressão. Entre os exemplos macroscópicos estão: um quarto cheio de ar, um becker com água, um iceberg. Estes são sistemas grandes o suficiente para serem vistos ou tocados.

Os sistemas macroscópicos, também são caracterizados por serem sólidos, líquidos ou gasosos. A massa de um sistema macroscópico está diretamente relacionada ao número total de átomos ou de moléculas que o constituem. Uma maneira de especificar a quantidade de uma substância de um sistema macroscópico é fornecer sua massa. Outra forma, relaciona-se ao número de átomos, o qual pode ser medido a quantidade da substância em *mols*.

Três são as principais divisões da termologia: 1) a termometria estuda a temperatura e as respectivas escalas termométricas (Celsius, Fahrenheit, Kelvin); 2) a calorimetria, cuja abrangência envolve as trocas de calor entre os corpos; e, 3) a termodinâmica, voltada para às Leis da Termodinâmica, isto é o estudo das relações entre calor, energia e trabalho.

Neste o estudo envolve o tema que contempla a primeira e a segunda divisão da termologia com abordagens conceituais que são explanadas nos subtópicos nas seções abaixo.

### 1.1.2 Conceituação de Temperatura

Como se pode evidenciar, a temperatura é um dos conceitos físicos mais presentes em nosso cotidiano. A temperatura é um número usado para traduzir o estado de quente ou frio de um corpo, uma maneira correta de conceituar a temperatura é que ela é uma medida da maior ou menor agitação das moléculas ou átomos que constituem um corpo.

Segundo Knight (2009), para medir a temperatura de um sistema, se faz necessário um termômetro. Um termômetro pode ser qualquer sistema macroscópico que sofra uma alteração mensurável ao trocar energia térmica com quem está ao seu redor. Ele é colocado em contato com um sistema maior, cuja temperatura deseja medir.

Um termômetro precisa de uma escala de temperatura para ser instrumento útil. Em 1742, o astrônomo sueco Anders Celsius vedou o mercúrio em um pequeno tubo capilar e observou que ele se movia para cima e para baixo, conforme a temperatura mudava.

Ele selecionou duas temperaturas que qualquer um poderia reproduzir os pontos de solidificação e de ebulição da água pura, e rotulou-se como 0 e 100, respectivamente. Depois dividiu o comprimento do tubo de vidro entre dois pontos de referência e sem intervalos iguais. Ao fazer isso, ele inventou a escala de temperatura que hoje é chamada de Celsius (KNIGHT, 2009).

A escala Fahrenheit, ainda amplamente usada nos Estados Unidos, está relacionada à escala Celsius (KNIGHT, 2009). A escala de Kelvin também chamada absoluta representa o mesmo tamanho de unidade da escala Celsius. Nesta escala o ponto de solidificação da água é 273 K e o ponto de ebulição da água é 373 K. Embora a maioria dos aparelhos macroscópicos práticos utilizarem temperaturas na faixa de aproximadamente 100 K a 1000 K, é importante mencionar que os cientistas estudam as propriedades da matéria a temperaturas tão baixas quanto aproximadamente  $10^{-9}$ K, em um extremo, e tão altas quanto aproximadamente  $10^7$  K, no outro (KNIGHT, 2009).

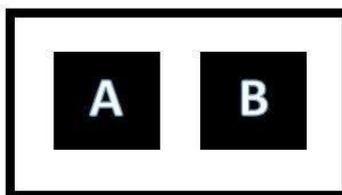
A escala de temperatura escolhida pelos cientistas é a de Kelvin, como uma homenagem ao físico escocês William Thomson.

A temperatura é uma das grandezas fundamentais do S.I. Os físicos medem a temperatura na escala Kelvin cuja unidade é o (K). Embora não exista um valor limite superior para a temperatura de um corpo, existe um limite inferior; essa temperatura limite é tomada como o zero da escala Kelvin de temperatura. A temperatura ambiente está em torno de 290 K (RESNICK, 2012, p.18)

### 1.1.3 Lei zero da termodinâmica

É muito comum quando uma pessoa toca em um objeto metálico, por exemplo, uma panela de metal, e em seguida em uma colher de madeira, os quais estão contidos em um determinado ambiente por um longo período de tempo; experimentar sensações térmicas divergentes. De acordo com os sentidos humanos, a panela de metal parece estar mais quente e a colher mais fria, embora ambos os materiais estejam à mesma temperatura. Essa incongruência decorre da subjetividade dos estímulos percebidos pelo corpo, ou seja, os sentidos, de certa maneira, são enganosos.

De acordo com a situação descrita acima, é necessário um critério que realmente indique o real estado térmico de um corpo. Dessa maneira, precisa-se de uma definição de temperatura. Sejam dois sistemas A e B (Fig. 1), onde A é mais quente que B, inseridos no interior de uma caixa de paredes rígidas e adiabáticas durante um longo período.



**Figura 1: Sistemas A e B inseridos num recipiente de paredes adiabáticas.**

Nota-se que após esse ínterim, todas as propriedades mensuráveis dos dois sistemas, como por exemplo, seus volumes e resistividades se tornam imutáveis. Essa condição de invariabilidade das grandezas físicas, nessa situação, é denominada de equilíbrio térmico. Posto que, o equilíbrio térmico é atingido, os dois corpos possuirão uma grandeza em comum, essa grandeza é definida como sendo a temperatura, a qual é uma propriedade intrínseca de todos os corpos. Portanto, através dessa grandeza é possível inferir se dois corpos estão em equilíbrio térmico ou não. Sendo assim, dois ou mais sistemas estão em equilíbrio térmico se e somente se possuírem a mesma temperatura.

Enquanto se quer avaliar a temperatura de dois sistemas, basta colocá-los em contato e verificar se suas propriedades mudam ou não ao longo do período de observação. Se mudam, os sistemas não possuem a mesma temperatura, caso contrário estão na mesma temperatura.

Todavia, esse processo não é muito prático, os sistemas podem ser bastante massivos e, portanto, de difícil locomoção. Diante dessa situação, para sanar tal entrave, faz-se necessário o uso de um terceiro sistema C, o qual é posto em contato térmico com A, e a partir daí, é esperado que o equilíbrio térmico seja atingido. Em seguida, leva-se C ao B até que se dê o

equilíbrio térmico entre eles. Por fim, quando A e B são postos em contato, experimentalmente, comprova-se que eles também estarão em equilíbrio térmico, quer dizer, a mesma temperatura. À vista disso, pode-se enunciar a Lei Zero da termodinâmica que diz: dois sistemas A e B em equilíbrio térmico, à parte, com um terceiro sistema C estão mutuamente em equilíbrio térmico. Esse sistema C, para fins de tecnicidade, pode ser considerado como um termômetro. É a partir dele que se pode inferir se os sistemas A e B estão à mesma temperatura ou não, sem a necessidade de pô-los em contato. Sendo assim, a Lei Zero possui uma utilidade prática para a calibração e construção de termômetros dos mais variados.

Todo termômetro realiza medidas indiretas de temperatura. Essas aferições são mediadas através de uma propriedade termométrica que pode ser o volume de um líquido (como no termômetro de mercúrio), a resistência elétrica de um fio, a pressão de um gás a volume constante etc. Para que se tenha um dispositivo adequado para realizar medições, quando ele for posto em contato térmico com o sistema no qual se quer medir a temperatura, sua propriedade termométrica deve variar sensivelmente com a temperatura, de tal forma cuja leitura se processe de maneira clara e precisa. É importante deixar explícito que a capacidade térmica do termômetro deve ser muito menor que a capacidade térmica do sistema o qual a temperatura se quer medir, para que, dessa maneira, o sistema não seja perturbado, isto é, para que a medição de temperatura não seja diferente da inicial.

Em uma linguagem menos formal, o que a lei zero nos diz é o seguinte: “Todo corpo possui uma propriedade chamada temperatura. Quando dois corpos estão em equilíbrio térmico, suas temperaturas são iguais, e vice-versa.” Podemos agora transformar nosso termoscópio (o terceiro corpo T) em um termômetro, confiantes de que suas leituras têm um significado físico ( RESNICK 2016 p. 416)

#### 1.1.4 Uma resenha sobre termômetros de mercúrio, álcool e de gás

A temperatura dos corpos está associada à agitação das partículas que os constituem. Como não é possível medir diretamente o nível dessa agitação, essa medida é feita de forma indireta, para isso, utilizam-se termômetros. O princípio de funcionamento desses aparelhos baseia-se na relação de proporcionalidade entre a dilatação térmica e uma grandeza física que varia com a temperatura (RESNIK,2016).

O termômetro mais conhecido, segundo Nussenzveig ( 2014, p.197), é o de mercúrio (**Figura 2**), o qual é constituído por “um tubo capilar de vidro fechado e evacuado, com um bulbo numa extremidade , contendo mercúrio, que é uma substância termométrica”. Conforme

este teórico:

O volume  $V$  do mercúrio é medido por meio do comprimento  $l$  da coluna líquida. Na realidade, este comprimento não reflete apenas a dilatação ou contração do mercúrio, mas a diferença entre ela e a dilatação ou contração correspondente do tubo de vidro que contém o mercúrio. Entretanto, a variação de volume do mercúrio é geralmente bem maior do que a do recipiente (p.198).

Desse modo, "a definição da escala Celsius de temperatura empírica foi associada com a escolha de dois pontos fixos correspondentes a temperatura bem definida, uma delas sendo a do gelo em fusão e a outra a da água em ebulição". Posto que, o ponto de gelo corresponde à temperatura de equilíbrio térmico de gelo e água saturada de ar, à pressão de 1 atmosfera, e o ponto de vapor é a temperatura de equilíbrio de vapor de água e água pura, pressão de 1 atmosfera (NUSSENZVEIG, 2014, p.197). Assim a referida escala é, arbitrariamente é marcada pelas seguintes temperaturas:



Ponto de vapor:  $\theta = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$   
Ponto de gelo:  $\theta = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$

**Figura 2: Termômetro de mercúrio**

Nussenzveig (2014) esclarece que para calibrar o termômetro de mercúrio nesta escala, convencionou-se que o  $\theta$  e o comprimento  $l$  da coluna guardam entre si uma relação linear. Assim, se  $l_{100}$  e  $l_0$  são os comprimentos no ponto de vapor e no ponto de gelo, respectivamente, e  $l$  é o comprimento, quando em equilíbrio térmico com o sistema cuja temperatura queremos medir, assinalamos a  $\theta$  o valor, que se pode calcular pela equação (1.1):

$$\theta = \frac{l-l_0}{l_{100}-l_0} (^{\circ}\text{C}) \quad (1.1)$$

Isto equivale a dividir a escala entre  $l_0$  e  $l_{100}$  em 100 partes iguais, cada subdivisão corresponde a  $1^{\circ}\text{C}$ , ou seja, equivale a definir a dilatação da coluna de mercúrio como sendo linear com  $\theta$ .

Existe também o termômetro de álcool (**Figura 3**), conforme em que se utiliza como substância termométrica o álcool. Sua calibração da escala de temperatura correspondente é feita de forma análoga à que é utilizada no de mercúrio. Entretanto há de se considerar que as leituras de um termômetro de mercúrio e um de álcool não coincidam, pelo fato que elas

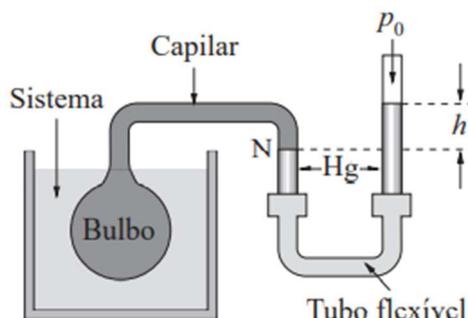
apresentam discrepância da ordem de alguns décimos de °C, aspecto que ocorre por que cada um dos dois líquidos não se dilata de maneira bem uniforme na escala em que se convencionou como uniformidade de dilatação de uma para o outro (NUSSENZVEIG, 2014, p.197).



**Figura 3: Termômetro de álcool**

Conforme Nussenzveig (2014):

É possível uma escala absoluta de temperatura, que não seja associada a propriedades específicas de uma particular ou substância. Um passo importante nessa direção consiste em tomar como substância termométrica um gás. Usando como substância um gás, poderíamos tomar como propriedade termométrica o volume a pressão constante (p.197).



**Figura 4: Termômetro a gás**

Nesse sentido, aquele teórico explica o esquema que está na **Figura 4**:

o gás, geralmente hidrogênio, enche um bulbo e um tubo capilar ligado a um manômetro de mercúrio de tubo aberto. O tubo flexível permite suspender ou abaixar o nível de mercúrio no ramo da direita de tal forma que o nível do ramo da esquerda permaneça numa marca fixa N, definindo um volume V constante ocupado pelo gás (NUSSENZVEIG, 2014, p.199).

Nessa estrutura o “bulbo é colocado em contato térmico com o sistema cuja temperatura se quer medir e a seguir é medida a pressão P do gás, dada por:

$$P = p_0 + \rho gh \tag{1.2}$$

Nesta equação (1.2),  $p_0$  é a pressão atmosférica, suposta conhecida,  $\rho$  é a densidade do mercúrio, e  $h$  é o desnível entre o mercúrio contido no ramo da direita e no da esquerda” Assim:

Sejam  $P_{0v}$  e  $P_{0g}$  os valores de  $P$  no ponto de vapor e no ponto de gelo, respectivamente, quando  $M_0$  é a massa de gás que ocupa o volume  $V$ . Suponhamos que se repitam as medidas reduzindo a massa de gás para  $M_1 < M_0$  (o volume  $V$  sempre permanece constante). As pressões medidas nos pontos de vapor e de gelo serão agora  $P_{1v} < P_{0v}$  e  $P_{1g} < P_{0g}$ . Para uma massa de gás  $M_2 < M_1$ , os valores caem para  $P_{2v} < P_{1v}$  e  $P_{2g} < P_{1g}$ .

Pelo exposto acima, pode-se traçar um gráfico da razão  $\left(\frac{P_v}{P_g}\right)_V$  cujo índice  $V$  significa que o volume  $V$  de gás é mantido constante, assim como a função da massa  $M$  de gás, ou, o que vem a dar na mesma, em função da pressão  $P_g$ , verifica-se experimentalmente que, à medida que  $P_g$  vai baixando, os pontos experimentais tendem a cair sobre uma reta (Figura 5). (NUSSENZVEIG, 2014, p.199).

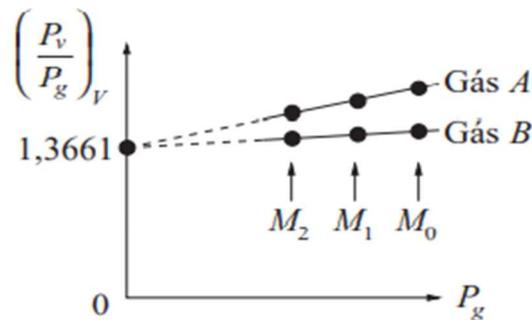


Figura 5: Gráfico da razão do Pv/Pg

Conforme Nussenzveig (2014, p.198), “para gases diferentes, as retas são diferentes, mas, se as extrapolarmos ao limite  $P_g \rightarrow 0$ , (o que equivale a  $M \rightarrow 0$  e não pode obviamente ser atingido), o resultado experimental é que todas as retas interceptam o eixo das ordenadas no mesmo ponto (**Figura 5**), correspondente ao valor  $\left(\frac{P_v}{P_g}\right)_V \approx 1,3661$ ”.

Dessa forma temos a equação (1.3):

$$\left(\frac{P_v}{P_g}\right)_V \equiv \frac{T_v}{T_g} \approx 1,3661 \quad (1.3)$$

Assim, “este limite define a razão  $\frac{T_v}{T_g}$  das temperaturas absolutas  $T_v$  e  $T_g$

correspondentes ao ponto de vapor e ao ponto de gelo, respectivamente”.

Desse modo, “a definição da escala de temperatura absoluta, também chamada de escala Kelvin, impomos a condição de que a diferença  $T_v - T_g$ , como na escala Celsius, corresponde a 100 graus também na escala Kelvin:

$$T_v - T_g \approx 100K \quad (1.4)$$

As equações 1.3 e 1.4 podem agora ser resolvidas para dar  $T_v$  e  $T_g$  na escala Kelvin:

$$T_v - T_g = (1,3661 - 1)T_g = 0,3661 T_g = 100 \quad \Rightarrow T_g \approx \frac{100}{0,3661 \approx 273,15 K} \quad (1.5)$$

(1.5) o que resulta em  $T_v \approx 373,15 K$ ”.

Conforme o aporte de Nussenzveig, (2014, p . 200), “para medir uma temperatura na escala Kelvin com o auxílio do termômetro de gás a volume constante, medimos a pressão P correspondente, extrapolada para o limite  $P_g \rightarrow 0$ , como no caso da (1.3)”.

Tem-se portanto, a temperatura absoluta T que corresponde a:

$$\frac{T}{T_g} = \left( \frac{P}{P_g} \right)_v \quad (1.6)$$

o que, com  $T_g$  dado pela equação 1.5 para determinar T.

As referidas equações possibilitam definir a escala de gás ideal, “porque se baseia no fato empírico de que todos os gases tendem a se comportar da mesma forma quando muito rarefeitos (limite em que  $P_g \rightarrow 0$ ). Esse comportamento universal é por definição o de um gás ideal”. Considerando que “o intervalo de 1 grau é por definição o mesmo nas escalas Kelvin e Celsius (1.4), a relação entre as duas escalas é dada por”:

$$\theta_{(C)} = T - T_g = T - 273,15 \quad (1.7)$$

Vale considerar que a temperatura mais baixa que se pode medir com um termômetro de gás é da ordem de 1 K, assim, o gás usado é o hélio à baixa pressão, levando-se em conta que este pode ser mantido gasoso a essa temperatura, posto que com temperaturas abaixo desse valor não podem ser medidas por um termômetro de gás (NUSSENZVEIG, 2014).

Quando se trata de medidas de valores de temperatura, não se pode deixar de mencionar o ponto fixo de padrão, o qual tem como referência a partir de uma substância pura, cujo primeiro ponto fixo é obtido quando se mergulha o termômetro no gelo em fusão. Conforme define Nussenzveig (2014):

A definição (1.6) só depende de um único ponto fixo padrão, que é o valor de  $T_g$ . Em vez do ponto de gelo, é adotado atualmente como ponto fixo padrão o ponto triplo da água, em que vapor de água coexiste em equilíbrio com água líquida e gelo. Isto ocorre para uma pressão e temperatura bem definidas:

$$(P_{tr})_{H_2O} = 4,58 \frac{mm}{Hg} \text{ e } (\theta_{tr})_{H_2O} = 0,01 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

$$\text{Resolveu-se então fixar o valor: } (T_{tr}) = 273,16 \text{ K} \quad (1.8)$$

para a temperatura do ponto triplo .

Quando se utiliza o ponto triplo em vez do ponto de gelo, define-se a escala termométrica de gás ideal pela equação (1.9) em vez da equação (1.6)

$$T = 273,16 \text{ K} \left( \frac{P}{P_{tr}} \right)_v \quad (1.9)$$

“onde  $P_{tr}$  é a pressão exercida pelo volume de gás considerado quando em equilíbrio térmico com água no ponto triplo, e P a pressão que exerce quando em equilíbrio térmico à temperatura que se deseja medir” (NUSSENZVEIG, 2014, p 200). Assim:

como é necessário efetuar uma série de medições para permitir a extrapolação ao limite  $P_{tr} \rightarrow 0$ , a determinação precisa de uma temperatura na escala de gás ideal é um processo extremamente laborioso, empregado quando se desejam obter valores padrão, que irão figurar em tabelas de constantes físicas.

A Escala Termométrica Prática Internacional foi adotada, tendo como base a série de pontos fixos utilizados para calibração. Há, portanto, recomendações referente ao tipo de termômetro que deve ser utilizado em cada região de temperaturas entre dois pontos fixos e sua calibração. “Além dos pontos de gelo (0,00 °C) e de vapor (100,00 °C), são empregados os seguintes pontos fixos (todos à pressão de 1 atm): pontos de ebulição do oxigênio (−182,97 °C) e do enxofre (444,60 °C) e pontos de fusão da prata (960,80 °C) e do ouro (1.063,00 °C)” (NUSSENZVEIG, 2014, p 200).

Por fim, a partir dos aspectos mencionados acima, tem-se o termômetro de resistência de platina, cuja propriedade termométrica medida é a resistência elétrica de um fio de platina em condições bem determinadas que é calibrado com o auxílio dos pontos

fixos. Este termômetro é recomendado pela conjunção com o da escala indicada anteriormente por Nussenzveig.

### 1.1.5 Conceituação de Calor

No século XIX, James Prescott Joule (1818-1889), demonstrou que o aparecimento ou o desaparecimento de uma quantidade de calor é sempre acompanhado pelo desaparecimento, ou, aparecimento de uma quantidade equivalente de energia mecânica. As suas experiências, mostraram que nem o calor, nem a energia mecânica, podiam ser independentemente conservados, mais que a energia mecânica perdida era sempre igual ao calor produzido. O que se conserva é a energia mecânica mais a energia térmica.

O calor é a energia transferida entre um sistema e o ambiente como consequência de uma diferença de temperatura existente entre eles. Diferentemente de uma interação mecânica, na qual um trabalho é realizado, o calor não requer movimento macroscópico do sistema.

Em si, um processo no qual a energia é transferida entre o sistema e a vizinhança, através de colisões em nível atômico, é chamado de interação térmica (KNIGHT, 2009, p. 514).

Tipler e Mosca (2009, p. 600), Observe que o resultado do processo entre o quente e o “frio não é mais calor, pois passa a ser identificada como parte da energia interna ( $E_{int}$ ) do corpo mais frio”.

Nesse sentido, o calor não é uma forma particular de energia e não é uma variável de estado, tampouco. Por ser assim, não faz sentido falar sobre como o calor varia, considerando que o sistema não interage termicamente com a vizinhança, podendo ser representado por  $Q=0$ .

Em consonância com Knight (2009), Resnick descreve uma situação específica que demonstra a variação do sistema exemplificando:

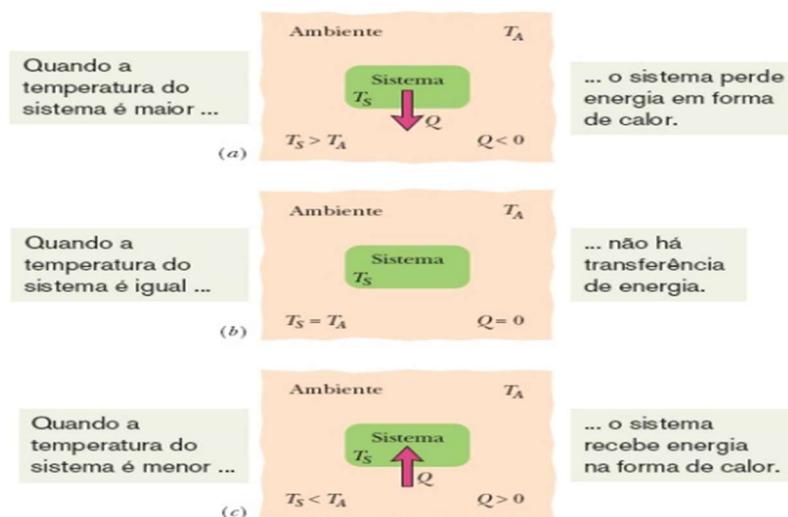
Se você pega uma lata de refrigerante na geladeira e a deixa na mesa da cozinha, a temperatura do refrigerante aumenta, a princípio rapidamente e depois mais devagar, até que se torne igual à do ambiente (ou seja, até que os dois estejam em equilíbrio térmico). Da mesma forma, a temperatura de uma xícara de café quente deixada na mesa diminui até se tornar igual à temperatura ambiente (RESNICK, 2016 p. 429).

Generalizando essa situação, descrevemos o refrigerante ou o café como um sistema (à temperatura  $T_S$ ) e as partes relevantes da cozinha como o ambiente (à temperatura  $T_A$ ) em que se encontra o sistema. O que observamos é que, se  $T_S$  não é igual a  $T_A$ ,  $T_S$  varia ( $T_A$  também pode variar um pouco) até que as duas temperaturas se igualem e o equilíbrio térmico seja estabelecido” (RESNICK, 2016).

A variação de temperatura mencionada na narrativa de Resnick, explica-se pela mudança da energia térmica do sistema por causa da troca de energia entre o sistema e o ambiente. Não se pode deixar de relatar que “a energia térmica é uma energia interna que consiste na energia cinética e na energia potencial associadas aos movimentos aleatórios dos átomos, moléculas e outros corpos microscópicos que existem no interior de um objeto”. Ressalta-se que a energia transferida tem a denominação de calor, que é simbolizada pela letra Q. Nesse sentido há de se analisar a quantidade de calor recebida ou cedida pelos corpos no processo de transferência, que pode resultar como positivo ou negativo, conforme Resnick (2016):

O calor é positivo se a energia é transferida do ambiente para a energia térmica do sistema (dizemos que o calor é absorvido pelo sistema). O calor é negativo se a energia é transferida da energia térmica do sistema para o ambiente (dizemos que o calor é cedido ou perdido pelo sistema).

A transferência de energia explicada acima, ilustrada na **Figura 6**, descreve que em  $T_S > T_A$ , a energia é transferida do sistema para o ambiente, de modo que Q é negativo. Enquanto que em  $T_S = T_A$ , não há transferência de energia, Q é zero e, portanto, não há calor cedido nem absorvido. Entretanto em  $T_S < T_A$ , a transferência é do ambiente para o sistema e Q é positivo (RESNICK, 2016 p. 430).



**Figura 6: Transferência de Energia**

Se a temperatura (Figura 6) de um sistema é maior que a temperatura do ambiente, como em (a), certa quantidade Q de calor é perdida pelo sistema para o ambiente para que o equilíbrio térmico (b) seja restabelecido. (c) Se a temperatura do sistema é menor que a temperatura do ambiente, certa quantidade de calor é absorvida pelo sistema para que o equilíbrio térmico seja restabelecido” (RESNICK, 2016, p. 430).

A partir do que foi exposto anteriormente, corroborado por Resnick (2016, p.430), apresentar a definição de que “**calor é a energia trocada entre um sistema e o ambiente a uma diferença de temperatura**”.

Vale ressaltar que o fato de que “a energia também pode ser trocada entre um sistema e o ambiente por meio do trabalho  $W$  realizado por uma força”. Em oposição pode-se afirmar que “a temperatura, pressão e volume, o calor e o trabalho não são propriedades intrínsecas de um sistema; eles têm significado apenas quando descrevem a transferência de energia para dentro ou para fora do sistema” Assim, há possibilidade de se indicar o quanto de calor fora transferido de um sistema para um ambiente, ou o quanto de trabalho foi realizado pelo ambiente sobre o sistema. Contudo não se pode afirmar quanto o sistema possui de calor, ou, ainda o quanto um determinado sistema contém de trabalho (RESNICK, 2016, p. 430).

Quando se trata das unidades que são usadas para indicar calor, vale destacar que por algum tempo os cientistas mediam o calor como a capacidade de aumentar a temperatura da água, desse modo “a caloria (cal) foi definida como a quantidade de calor necessária para aumentar a temperatura de 1 g de água de 14,5°C para 15,5°C”. Por sua vez “no sistema inglês, a unidade de calor era a **British thermal unit** (Btu), definida como a quantidade de calor necessária para aumentar a temperatura de 1 libra de água de 63°F para 64°F”. Entretanto, “em 1948, a comunidade científica decidiu que, uma vez que o calor (como o trabalho) é energia transferida, a unidade de calor do SI deveria ser a mesma da energia, ou seja, o joule”. Assim:

A caloria é hoje definida como igual a 4,1868 J (exatamente), sem nenhuma referência ao aquecimento da água. [A “caloria” usada pelos nutricionistas, às vezes chamada de Caloria (Cal), é equivalente a uma quilocaloria (1 kcal).] As relações entre as unidades de calor são as seguintes:

$$1 \text{ cal} = 3,968 \times 10^{-3} \text{ Btu} = 4,1868 \text{ J} \text{ (RESNICK, 2016, p. 431.)}$$

### 1.1.6 Capacidade Térmica

Quando se trata de capacidade térmica Nussenzveig (2014) afirma que “se tivermos  $m$  gramas de uma substância pura de calor específico  $c$ , a quantidade de calor  $\Delta Q$  necessária para elevar sua temperatura de  $\Delta T$  é:

$$\Delta Q = mc\Delta T = C(T_f - T_i) \tag{1.10}$$

onde  $C = mc$  é denominado de capacidade térmica da amostra considerada (mede-se em cal

/°C) e  $T_i$  e  $T_f$  são as temperaturas inicial e final do objeto, respectivamente”. A capacidade térmica  $C$  é medida em unidades de energia por grau ou energia por Kelvin.

A palavra “capacidade” nesse contexto pode ser enganadora, pois sugere uma analogia com a capacidade que um balde possui de conter certa quantidade de água. A analogia é falsa; você não deve pensar que um objeto “contém” calor ou possui uma capacidade limitada de absorver calor. É possível transferir uma quantidade ilimitada de calor para um objeto, contanto que uma diferença de temperatura seja mantida. É claro, porém, que o objeto pode fundir ou se vaporizar no processo (NUSSENZVEIG, 2014 p.209).

Consideremos então, “se o intervalo de temperatura entre a temperatura inicial  $T_i$  e a temperatura final  $T_f$  é suficientemente grande para que seja preciso levar em conta a variação do calor específico com a temperatura,  $c = c(T)$ , a (1.10) é substituída por:

$$\Delta Q = m \int_{T_i}^{T_f} c(T) dT \equiv m \bar{c} (T_f - T_i) \quad (1.11)$$

onde  $\bar{c}$  é, por definição, o calor específico médio entre as temperaturas  $T_i$  e  $T_f$ , segundo Nussenzveig (2014 p.209).

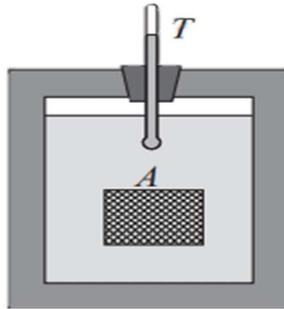
Se dois objetos feitos do mesmo material (mármore, digamos) têm uma capacidade térmica que é proporcional à massa. Assim, é conveniente definir a “capacidade térmica por unidade de massa”, ou calor específico  $c$ , que se refere, não a um objeto, mas a uma massa unitária do material de que é feito o objeto,

Nesse caso, a Equação 1.10 se torna:

$$\Delta Q = cm\Delta T = cm(T_f - T_i) \quad (1.12)$$

Para demonstrar a equação 1.12, descrevemos uma situação-exemplo, conforme Nussenzveig (2014 p.209)., indicada na **Figura 7**:

Se uma amostra A de massa  $m_A$  de uma substância de calor específico  $c_A$ , aquecida a uma temperatura  $T_A$ , é mergulhada dentro de uma massa  $m$  de água, de calor específico  $c$ , contida num recipiente de paredes adiabáticas e de capacidade térmica  $C$ . A água e o recipiente estão inicialmente à temperatura  $T_i < T_A$ . Após estabelecer-se o equilíbrio térmico, o sistema atinge a temperatura  $T_f$ , medida pelo termômetro  $T$



**Figura 7: Calorímetro de misturas**

Esclarece o estudioso que “como as paredes adiabáticas não permitem trocas de calor com o exterior, a quantidade de calor  $\Delta Q = m_A c_A (T_A - T_f)$  perdida pela amostra é inteiramente cedida à água  $[mc (T_f - T_i)]$  e ao recipiente  $[C (T_f - T_i)]$ , ou seja:

$$m_A c_A (T_A - T_f) = (mc + C)(T_f - T_i) \quad (1.13)$$

Quando se conhece os termos pode-se “determinar o calor específico  $c_A$  da amostra (mais precisamente, o calor específico médio no intervalo entre  $T_f$  e  $T_A$  ). Este é o princípio do calorímetro de misturas”.

Do exposto nesta seção, referente aos fundamentos descritos, a conceituação, assim como as equações mencionadas são embasadas nos teóricos que tratam do assunto em pauta Nussenzveig (2014 p.209), define capacidade térmica molar:

O calor específico de uma substância é a capacidade térmica de uma massa de 1 g dessa substância. Do ponto de vista da estrutura microscópica, é interessante definir a capacidade térmica molar, que é a capacidade térmica de 1 mol da substância. Lembrando que 1 mol (molécula-grama) é uma massa em gramas igual à massa molecular, vemos que a capacidade térmica molar de uma substância obtém-se multiplicando o seu calor específico pela sua massa molecular (ou massa atômica, para substâncias monoatômicas).

### 1.1.7 Transmissão de Calor

Existem três mecanismos de transferência de calor: condução, convecção e radiação.

A condução é o processo de propagação de calor que ocorre pela transmissão da agitação térmica de partículas de uma região de maior temperatura para partículas de uma região vizinha de menor temperatura.

Se você deixa uma panela com cabo de metal no fogo por algum tempo, o cabo da panela fica tão quente que pode queimar sua mão. A energia transferida da

panela para o cabo por condução. Os elétrons e átomos da panela vibram intensamente por causa da temperatura a que estão expostos. Essas vibrações, e a energia associada, são transferidas para o cabo através de entre as colisões entre os átomos. Dessa forma, uma região de temperatura crescente se propaga em direção ao cabo. (RESNICK, 2012, p.212).

Como na condução o calor se transfere de partícula para partícula por causa da agitação, ela não ocorre no vácuo, além disso não há transporte de matéria enquanto o calor se propaga.

A condução de calor, que vamos discutir agora de forma mais detalhada, só pode ocorrer através de um meio material, mas, ao contrário da convecção, sem que haja movimento do próprio meio; ocorre tanto em fluidos como em sólidos, sob o efeito de diferenças de temperatura, via a estrutura microscópica do meio. Quando colocamos sobre uma chama uma panela com água, o calor se transmite da chama à água através da parede metálica da panela, por condução (NUSSENZVEIG, 2014).

Segundo Nussenzveig (2014), todas as leis básicas da condução de calor podem ser ilustradas na situação a seguir:

(a) O calor flui sempre de um ponto 1, a temperatura mais alta, para um ponto 2, a temperatura mais baixa. A quantidade de calor  $\Delta Q$  transportada durante um intervalo de tempo  $\Delta t$  é: (b) Proporcional à diferença de temperatura  $\Delta T = T_2 - T_1$ ; a água ferve mais depressa se a temperatura da chama é mais alta; (c) Inversamente proporcional à espessura  $\Delta x$  da chapa metálica: quanto mais espesso o fundo da panela, mais tempo leva para ferver a água. Combinando (b) e (c), vemos que  $\Delta Q$  é proporcional a  $\frac{\Delta T}{\Delta x}$ , que é chamado de gradiente de temperatura; (d) Proporcional à área  $A$  através da qual o calor está fluindo.

Ao reunir os resultados, vê-se que  $\Delta Q$  é proporcional a  $A \Delta t \left( \frac{\Delta T}{\Delta x} \right)$  ou seja, para a condução de calor através de uma espessura infinitesimal  $dx$  de um meio durante um tempo.

$$\frac{dQ}{dt} = -kA \frac{dT}{dx} \quad (1.14)$$

onde  $k$  é uma constante de proporcionalidade característica do meio condutor, denominada condutividade térmica do material ( $k > 0$ ). O sinal (-) na (1.14) exprime o fato de que o calor flui de temperaturas mais altas para temperaturas mais baixas: assim, se o gradiente de temperatura  $\frac{dT}{dx}$  é negativo, a corrente térmica  $\frac{dQ}{dt}$  é positiva (NUSSENZVEIG, 2014).

A convecção é um processo de transmissão de calor que se caracteriza pelo transporte de matéria entre uma região para outra, o que só pode ocorrer nos fluidos (líquidos e gases), esta movimentação das diferentes partes do fluido ocorre pela diferença de densidade que surge em virtude do seu aquecimento ou resfriamento.

Quando olhamos para a chama de uma vela ou de um fósforo, vemos a energia térmica ser transportada para cima por convecção. Esse tipo de transferência de energia acontece quando o fluido, como o ar e a água, entra em contato com um objeto cuja temperatura é maior no fluido. A temperatura da parte do fluido que está em contato com o objeto quente aumenta e na maioria dos casos essa parte do fluido se expande, ficando menos densa. Como o fluido expandido é mais frio escora para tomar o lugar do fluido mais quente que sobe e o processo pode continuar indefinidamente” (RESNICK, 2012, p. 204)

Todo aquecimento por convecção deve ser feito de baixo para cima, a fim de que o fluido aquecido suba e o frio desça. É dessa maneira que se formam as correntes de convecção.

A convecção ocorre tipicamente num fluido, e se caracteriza pelo fato de que o calor é transferido pelo movimento do próprio fluido, que constitui uma corrente de convecção. Um fluido aquecido localmente em geral diminui de densidade e por conseguinte tende a subir sob o efeito gravitacional, sendo substituído por fluido mais frio, o que gera naturalmente correntes de convecção, mas elas também podem ser produzidas artificialmente, com o auxílio de bombas ou ventiladores. A circulação atmosférica, as correntes marinhas, a distribuição de água quente num sistema de aquecimento central são exemplos de correntes de convecção (NUSSENZVEIG, 2014 p.211).

A radiação é um processo de transmissão de calor que se caracteriza pelo transporte de energia, por meio de ondas eletromagnéticas.

Um sistema e o ambiente também podem trocar energia através de ondas eletromagnéticas (a luz visível é um tipo de onda eletromagnética). As ondas eletromagnéticas que transferem calor são muitas vezes chamadas de radiação térmica para distingui-las dos sinais eletromagnéticos (como por exemplo, os das transmissões de televisão) e da radiação nuclear (ondas e partículas emitidas por núcleos atômicos). Quando você se aproxima de uma fogueira, é aquecido pela radiação térmica proveniente do fogo, ou seja, sua energia térmica aumenta ao mesmo tempo em que a energia térmica do fogo diminui. Não é necessário a existência de um meio material para que o calor seja transferido por radiação. O calor do sol, por exemplo, chega até nós através do vácuo” (RESNICK, 2012, p. 205)

A radiação térmica dá-se principalmente na faixa de frequência que chamamos de infravermelho, não sendo, portanto, uma radiação ionizante. Essa radiação, também chamada de onda de calor, é proporcional  $T^4$  (temperatura medida em Kelvin), o que significa que sua intensidade cresce rapidamente com o aumento da temperatura.

A radiação transfere calor de um ponto a outro por meio de radiação eletromagnética, que, como a luz visível, propaga-se mesmo através do vácuo. A radiação térmica é emitida por qualquer corpo aquecido, e, ao ser absorvida por outro corpo, pode aquecê-lo, convertendo-se em calor. A radiação solar, seja sob a forma de luz visível,

seja de radiação infravermelha ou de outras regiões do espectro, é uma forma de radiação térmica emitida por uma fonte (o Sol) a temperatura muito elevada. O aquecimento solar é uma forma de aproveitamento de radiação solar para produção de calor (NUSSENZVEIG, 2014)

### 1.1.8 Mudanças de estado

A matéria em nosso meio ambiente existe em quatro fases comuns. O gelo, por exemplo, é a fase sólida de H<sub>2</sub>O. Se você adicionar energia, estará causando um aumento da agitação molecular na estrutura molecular rígida, que acaba se rompendo para formar a fase líquida de H<sub>2</sub>O, a água. Se adicionar mais energia ainda, a fase líquida muda para a fase gasosa. E adicionando-lhe mais energia as moléculas se romperão em íons e elétrons, resultando na fase de plasma. A fase da matéria depende de sua temperatura e da pressão que é exercida sobre ela. Portanto, quando adicionamos energia a um corpo

Portanto, quando adicionamos energia a um corpo sabemos que há um aumento na energia de agitação de seus átomos. Este aumento de agitação faz com que a força de ligação entre os átomos seja alterada, podendo acarretar modificação na organização e separação desses átomos. Em outras palavras, a absorção do calor por um corpo pode provocar nele uma mudança de fase. Naturalmente, a retirada de calor deverá provocar efeitos inversos dos que são observados quando o calor é cedido à substância.

O cubo de gelo que tira do congelador logo se torna uma poça de água líquida. Então, mais lentamente, ele evapora, tornando-se vapor de água no ar. A água é singular. Ela é a única substância cuja três fases—sólida, líquida e gasosa — são conhecidas da experiência cotidiana. (KNIGHT, 2009, p. 481)

Cada elemento e a maioria dos compostos podem existir como sólido, líquido ou gás. Uma transformação de líquido para sólido (solidificação ou fusão) ou de líquido para o gás (ebulição e condensação) é chamada de mudança de fase. Estamos familiarizados com apenas uma, ou talvez duas, das fases da maior parte das substâncias porque seus pontos de fusão e/ou de ebulição estão muito além da experiência humana normal”. (KNIGHT, 2009, p. 481)

A noção de fases distintas não é tão útil no caso de sistemas mais complexos. Um pedaço de madeira é sólido, mas a madeira líquida ou gasosa não existe. Cristais líquidos, que são usados para mostrar os dígitos de relógio digital, apresentam características de sólidos e líquidos. Os sistemas complexos possuem muitas propriedades interessantes, mas este texto se concentrará nos sistemas macroscópicos para os quais os três estados são distintos. (KNIGHT, 2009, p. 481).

Utilizamos a palavra fase para designar qualquer estado específico da matéria, tal como de um sólido, um líquido ou um gás. O composto H<sub>2</sub>O existe na fase sólida como o gelo, na fase líquida como água e na fase gasosa como vapor de água. A transição de uma fase para outra é chamada de transição de fase ou mudança de fase. Em uma dada pressão, a transição de fase ocorre em uma temperatura definida, sendo usualmente

acompanhada por uma emissão ou absorção de calor e por uma variação de volume e densidade. (SEARS, 2008, p.193).

Vale ressaltar que uma substância pode passar de uma fase para outra, isto é, “quando o calor é transferido para um sólido ou para um líquido, nem sempre a temperatura aumenta. Em vez disso, este sólido ou este líquido podem mudar de fase (ou de estado)”, desse modo a matéria pode existir em três estados principais: sólido, líquido, gasoso. Segundo Resnick (2016)

No estado sólido, os átomos ou moléculas do material formam uma estrutura rígida por meio da atração mútua. No estado líquido, os átomos ou moléculas têm mais energia e maior mobilidade. Formam aglomerados transitórios, mas o material não tem uma estrutura rígida e pode escoar em um cano ou se acomodar à forma de um recipiente. No estado gasoso, os átomos ou moléculas têm uma energia ainda maior, não interagem, a não ser por meio de choques de curta duração, e ocupam todo o volume de um recipiente, conforme (Resnick, 2016, 434).

Por isso, uma substância passa por processos para chegar a um determinado estado, isto posto, o autor mencionado acima os conceitua como:

**Fusão.** Fundir um sólido significa fazê-lo passar do estado sólido para o estado líquido. O processo requer energia porque os átomos ou moléculas do sólido devem ser liberados de uma estrutura rígida. A fusão de um cubo de gelo para formar água é um bom exemplo. Solidificar um líquido é o inverso de fundir e exige a retirada de energia do líquido para que os átomos ou moléculas voltem a formar a estrutura rígida de um sólido. (RESNICK, 2016, p. 434)

**Vaporização.** Vaporizar um líquido significa fazê-lo passar do estado líquido para o estado gasoso. Esse processo, como o de fusão, requer energia porque os átomos ou moléculas devem ser liberados de aglomerados. Ferver a água para transformá-la em vapor é um bom exemplo. Condensar um gás é o inverso de vaporizar e exige a retirada de energia para que os átomos ou moléculas voltem a se aglomerar. (p.435)

Quando ocorre os processos mencionados acima “A quantidade de energia por unidade de massa que deve ser transferida na forma de calor para que uma amostra mude totalmente de fase é chamada de calor de transformação é representada pela letra  $L$ ”. Nessa mostra que sobre mudança de fase, a energia total transferida pode ser determinada por:

$$Q = Lm \quad (1.15)$$

Por sua vez, “quando a mudança é da fase líquida para a fase gasosa (caso em que a amostra absorve calor) ou da fase gasosa para a fase líquida (caso em que a amostra libera calor), o calor de transformação é chamado de calor de vaporização é representado pelo símbolo  $L_V$ ”. Quando se trata, por exemplo, “da água à temperatura normal de vaporização ou

condensação”:

$$L_V = 539 \frac{\text{cal}}{\text{g}} = 40,7 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} = 2256 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$$

Por fim, “quando a mudança é da fase sólida para a fase líquida (caso em que a amostra absorve calor) ou da fase líquida para a fase sólida (caso em que a amostra libera calor), o calor de transformação é chamado de calor de fusão e representado pelo símbolo  $L_F$ ”. Desse modo Renisck (2016, 435) afirma que: “para a água à temperatura normal de solidificação ou de fusão:

$$L_F = 79,5 \frac{\text{cal}}{\text{g}} = 6,01 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} = 333 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$$

Do exposto nesta seção, referente aos fundamentos descritos, a conceituação, assim como as equações mencionadas são embasadas nos teóricos que tratam do assunto em pauta, os quais são registros científicos da Termodinâmica.

## CAPÍTULO 2 - PARÂMETROS PEDAGÓGICOS PARA O ENSINO DA FÍSICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA

Esta seção aborda as metodologias ativas e o método didático de sala de aula invertida (*flipped classroom*) como modelo de ensino, visto que este foi utilizado para a coleta dos dados e, também, será a base da cartilha pedagógica como produto, resultado deste estudo. Sinteticamente, também será feita a abordagem da relação dessas realidades com os documentos norteadores da educação nacional como os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM) e a Base Nacional Comum Curricular (BNCC).

### 2.1 Educação escolar e o ensino de física na educação básica

Não é difícil afirmar que o modelo tradicional de ensino seja o mais praticado em todas as escolas e entre os diferentes níveis de ensino. Nas palavras de Fernando Becker (BECKER, 2013), “o modelo tradicional de ensino é aquele cuja base epistemológica é o empirismo, porque emprega a voz e a leitura para movimentar as ideias e os conceitos na mente dos alunos. Aprende-se os conteúdos escolares através do uso dos sentidos. Didaticamente ensina-se pelo testemunho revestindo-se o professor como uma figura de autoridade”.

Ocorre, como cabe observar, que muitas são as críticas destinadas a essa modalidade de ensino e que são conhecidas por toda a gente envolvida com educação, do aluno calouro ao pós-graduado.

À guisa de ilustração temos o afastamento da *figura de autoridade* do professor para o *professor autoritário*, como se ambas significassem a mesma coisa. Veja, conforme o dicionário *Michaelis online* (vide: [michaelis.uol.com.br](http://michaelis.uol.com.br)), autoridade é a *pessoa de reconhecido mérito ou saber em algum ramo de atividade, o que lhe granjeia respeito e credibilidade; dignidade, respeito*. Autoritarismo é a prática mesmo do sujeito autoritário que [...] *defende uma cega submissão*.

O ensino tradicional visa a formação integral do sujeito por meio de um processo colaborativo, seguindo-se a tradição que remonta à antiguidade grega, fortalecendo-se na Idade Média por meio das 7 artes liberais, o *Trivium* e o *Quadrivium*, e, consolidando-se no século XVII com o advento da pedagogia formal (GAUTHIER; TARDIF, 2014). Em tempo algum prezou-se pela cega submissão.

Há também a velha crítica que traz à baila a dicotomia atividade/passividade do aluno perante o ato de aprender. Uma vez que no ensino tradicional se ensina pelo testemunho, deduz-

se que o aluno recebe o conhecimento pronto, acabado; é, pois, a aprendizagem algo que se traz para dentro do aluno. Nesta condição chama-se o aluno de tábula rasa, inteligência de rábula, um ignorante que nada sabe até participar da lição do professor (BECKER, 2013). Isso sugere que no ensino tradicional o aluno não opera mentalmente, não age sobre o conteúdo a aprender. É como se não houvesse atividade cognitiva alguma por parte do aluno.

Até mesmo o modo sobre como se organizam os estudantes em sala de aula, em filas espaçadas entre si, é alvo de críticas. Acerca disso, dizem alguns teóricos que esse modo de organização repousa em pressupostos da economia neoliberal e/ou nos desejos escusos das políticas públicas de um estado autoritário. Um bom exemplo disso é a tese da educação bancária defendida por Paulo Freire, (2013).

Além disso, tem-se o didatismo universal e o intelectualismo como as duas outras críticas mais comuns endereçadas ao ensino tradicional. Esta indica o grau de importância atribuído aos conteúdos a serem ensinados na escola, pois eles representam as maiores conquistas intelectuais da civilização e, portanto, devem ser transmitidas para as futuras gerações. Aquela, o didatismo universal, assegura que há melhores maneiras de ensinar por meio de metodologias de ensino mais eficientes, porém, não respeitam o tempo de aprendizagem de cada aluno. Usa-se a mesma didática para todos os alunos indistintamente.

Dessarte essas críticas – e de outras mais que não cabe aqui examiná-las – emergiram as *novas pedagogias*. É possível dizer que as pedagogias novas com suas inúmeras tendências apresentam atributos convergentes, por exemplo: elas problematizam o real papel do professor no processo de ensino e aprendizagem; tratam o aluno como protagonista colocando-o no centro do processo de ensino, lugar que outrora fora do professorado; e elas logram o desenvolvimento da autonomia do aluno, não mais a aprendizagem de conteúdos escolares como línguas, matemática e ciências naturais.

Por derradeiro, todas as novas pedagogias são consideradas um movimento de crítica contra o ensino tradicional. Mais que isso, todas elas indistintamente, colocam-se como legítimas alternativas pedagógicas capazes de solucionar os problemas inerentes à pedagogia tradicional, passando a serem largamente utilizadas nos diferentes níveis de ensino. Entretanto, como apregoa o matemático e ex-ministro da educação de Portugal, Nuno Crato, as pedagogias de viés romântico e construtivista, seja social ou individual, ainda carecem de evidências empíricas robustas acerca da eficiência em alcançar os objetivos educacionais estabelecidos (CRATO, 2010).

Assim, o papel da escola perante as novas pedagogias volta-se para o desenvolvimento de competências e habilidades, não mais à aquisição de conteúdos teóricos ou intelectuais. A esse respeito, retoma-se a observação de Crato (2010) sobre a influência das pedagogias românticas e construtivistas, pois, com efeito, essa influência se tornou oficialmente onipresente na educação brasileira, nos últimos 40 anos.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), à época das décadas de 1990 já traziam como fundamento pedagógico o desenvolvimento de competências e habilidades de aprendizagem (BRASIL, 2004). De fato, como ressalta Carneiro (2020), o PCN foi o primeiro documento oficial que explicita e detalha as competências a serem adquiridas pelos alunos em todas as áreas do conhecimento. No entanto, não foi esse o primeiro documento a trazer as competências e habilidades de aprendizagem à baila, pois, a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN n. 9394 de 1996) fez contemplar esta temática.

A referida LDBEN, em seu artigo 9º, inciso IV, estabelece que a União em parceria com Estados e Municípios devem estipular as competências para os níveis infantil, fundamental e médio, que nortearão os currículos e os conteúdos mínimos para assegurar a formação básica (BRASIL, 1996; CARNEIRO, 2020). Haja vista o não consenso sobre quais competências a se desenvolver e consecutiva formação do currículo mínimo, a União pôs em marcha os PCN.

Há, de certo, diferenças marcantes entre os PCN e a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), porém, ambos documentos assentam-se pedagogicamente sobre o desenvolvimento de competências e habilidades de aprendizagem como objetivo educacional (CARNEIRO, 2020). Nos PCN não havia a qualificação precisa do conceito de competência, o que se podia deduzir era que a “competência”, ora indicava a compreensão dos fenômenos, ora tinha haver com mudança de comportamento, função ou poder do conhecimento (CARNEIRO, 2020).

Na BNCC é expresso que competência é a capacidade que o sujeito tem de mobilizar conhecimentos teóricos em prol de solucionar situações-problemas reais, logo, competência encerra duas grandes dimensões: a investigação e a compreensão (CARNEIRO, 2020). Logo, um sujeito competente é aquele capaz de utilizar os métodos e a linguagem científica para resolver problemas e compreendê-los à luz de sua razão histórica e social.

## **2.2 Parâmetros pedagógicos e a metodologia ativa da sala de aula invertida**

A sociedade passou por inúmeras transformações nas últimas décadas. Por sua vez, o

sistema educacional vem buscando novas formas de alcançar o resultado satisfatório referente ao conhecimento do público alvo do processo educativo, o estudante. Um exemplo dessa situação pode-se ver na visão de Bacich e Moran(2018):

Os estudantes do século XXI, inseridos em uma sociedade do conhecimento, demandam um olhar do educador focado na compreensão dos processos de aprendizagem e na promoção desses processos por meio de uma nova concepção de como eles ocorrem, independentemente de quem é o sujeito e das suas condições circundantes. No mundo atual, marcado pela aceleração e pela transitoriedade das informações, o centro das atenções passa a ser o sujeito que aprende, a despeito da diversidade e da multiplicidade dos elementos envolvidos nesse processo.

A compreensão de todo o processo instaurado desde o planejamento até a elaboração de uma sequência de ações e conteúdos neste trabalho passa pelo estudo sistematizado das características de uma sequência didática, objeto de ensino desenvolvido para esta pesquisa. Uma sequência didática é composta por várias atividades encadeadas de questionamentos, atitudes, procedimentos e ações que os alunos executam com a mediação do professor. As atividades que fazem parte da sequência são ordenadas de maneira a aprofundar o tema que está sendo estudado e são variadas em termos de estratégia: leituras, aula dialogada, simulações computacionais, experimentos, etc.

Assim o tema será tratado durante um conjunto de aulas de modo que o aluno se aprofunde e se aproprie dos temas desenvolvidos em sequências didáticas que conforme Zabala (1998) “sequências didáticas são: um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos” (...) (ZABALA, 1998, p.18).

Certamente para as ações do ensino da área de Conhecimento Ciências da Natureza, e neste estudo o componente curricular Física, buscou-se as tendências atuais propostas pela atual proposição de ensino e aprendizagem, a BNCC. Assim pode-se inferir as metodologias ativas, cujas aplicações vêm proporcionando resultados satisfatórios. Assim pode-se inferir que:

Metodologias ativas para uma educação inovadora aponta a possibilidade de transformar aulas em experiências de aprendizagem mais vivas e significativas para os estudantes da cultura digital, cujas expectativas em relação ao ensino, à aprendizagem e ao próprio desenvolvimento e formação são diferentes do que expressavam as gerações anteriores. Os estudantes que estão, hoje, inseridos nos sistemas de educação formal requerem de seus professores habilidades, competências didáticas e metodológicas para as quais eles não foram e não estão sendo preparados (Bacich e Moran, 2018).

No processo educacional contemporâneo está em evidência as metodologias ativas de aprendizagem, que são as hodiernas estratégias metodológicas de viés romântico e construtivista, estão em estreita relação com as competências previstas na BNCC para serem desenvolvidas pela escola no âmbito do ensino das ciências, em geral, e da Física, em particular. Dentre elas, uma metodologia que importa a este projeto é a “sala de aula invertida ou SAI” (BERGMANN; SAMS, 2018).

A SAI consiste em mudar a lógica da escola tradicional em que o estudante vai à escola para ter contato com o assunto a aprender e, depois, em casa, faz tarefas de aprofundamento referente ao objeto de estudo para consolidar a aprendizagem. Desse modo, a casa passa a ser o lugar onde o aluno terá o contato inicial com o novo conteúdo e a escola torna-se o lugar de trabalhar nas atividades didáticas planejadas pelo professor. Em síntese, estuda-se em casa e trabalha-se na escola (BERGMANN; SAMS, 2018).

Disposto em etapas, a SAI divide-se em três, quais sejam: o antes, o durante e o depois da escola. Nesse aspecto, esse modelo de ensino mostra-se muito simples, no entanto, essa simplicidade esconde algumas dimensões que o professor deve cuidar para contribuir adequadamente à aprendizagem dos estudantes.

Em primeiro lugar, tem-se a escolha do material significativo que o professor deve direcionar o primeiro contato do aluno com o conteúdo novo. Em segundo, tem-se as atividades didáticas que os alunos deverão trabalhar em sala de aula; estas devem ser de tal sorte que viabilizem *atividade/ação* deles. Logo, como resta observar, estas atividades devem ter estreita relação com o material que o aluno teve o contato inicial e que, com o conhecimento advindo desse material, o aluno consiga trabalhar em sala de aula. Por fim, a etapa pós escola pode ser previamente determinada ou dependerá do que acontecer na aula presencial.

Entretanto, não há uma única maneira de inverter a sala de aula ou a lógica do ensino tradicional, e não é mandatário o emprego das tecnologias da informação e da comunicação (TIC), como defendem alguns (OLIVEIRA; ARAÚJO; VEIT, 2016). Em geral, emprega-se vídeos de curta duração, entre 20 a 30 minutos, textos complementares, pequenos filmes, *podcasts*, entre outros meios (BERGMANN; SAMS, 2018). A inversão da sala de aula depende muito da criatividade do professor, mas seu sucesso em fazê-lo dependerá, sobretudo, da capacidade do docente em determinar os objetivos educacionais/aprendizagens para as diferentes etapas da SAI.

Uma questão pertinente capaz de conectar precisamente a SAI e a BNCC pode ser vislumbrada pontuando as vantagens em inverter a sala de aula e relacionando-as com as competências previstas na BNCC. Bergmann e Sams (2018), mas também Oliveira, Araújo e Veit (2016), apresentam e discutem algumas destas vantagens. Apresenta-se três dentre elas relevantes a este projeto em tela.

Segundo os autores supracitados no parágrafo anterior, a SAI leva em consideração os conhecimentos prévios dos alunos; cria uma rotina de estudo, um hábito, em que o estudante aumenta o engajamento para com a disciplina; e auxilia no trabalho colaborativo. Somente por meio dessas três vantagens já é possível favorecer o desenvolvimento da autonomia do aluno, que é, pois, o objetivo da SAI.

Na BNCC constam 10 competências para serem desenvolvidas no Ensino Médio. Não carece expô-las inteiramente, outrossim, somente àquelas que convém a este projeto e que estarão relacionadas às vantagens da SAI acima discriminadas.

Até aqui, já se falou do ensino tradicional, de suas críticas, e se falou muito brevemente dos PCN e da BNCC. Estes últimos são documentos norteadores da educação nacional. Falou-se da SAI, pois será o modelo de ensino empregado neste projeto. Agora, levanta-se a questão da aprendizagem conceitual em física.

O investimento em metodologias de ensino e de aprendizagem cujo fim consiste em promover a aprendizagem conceitual além de desenvolver competências, é também um paradigma hodierno para a comunidade do ensino de física. Como se constata, tal paradigma vem direcionando as diretrizes dos cursos de formação de professores nessa referida disciplina nos últimos 30 anos, a contar da data de publicação dos Parâmetros Curriculares Nacionais os PCN's, na década de 1990.

Na busca de que se aprenda conceitos em qualquer área do conhecimento, pode-se utilizar a visão de Enkvist(2006) que destaca a relação do sujeito com o mundo se dá por meio de conceitos, visto que se parte da abstração como a capacidade de perceber partes específicas que levam até a generalização como uma regra que perpassa uma atuação intelectual. Há de se considerar, por essa percepção que a abstração precede a generalização.

Desse modo, quando se trata do ensino da física, Kalhil, Batista e Ramírez (2013), manifestam que conhecimento conceitual é fundamental para que se chegue aos aspectos físicos que dizem respeito às leis, hipóteses e aportes teóricos, que conduzem à conexão entre

os conceitos físicos. Assim são estes que levam à demonstração das propriedades da matéria, das características fundamentais dos fenômenos, assim como se dá a relação entre os elementos constitutivos de modo qualitativo ou quantitativo.

Cabe destacar que a aprendizagem de algo se dá quando uma pessoa manifesta o aumento da capacidade para determinados desempenhos em decorrência de experiências. Desse modo na escola, o professor que deseja que o aluno adquira a aprendizagem conceitual, esmera-se em proporcionar caminhos que o conduza à compreensão e valor da aquisição de uma resposta nova ou diferente, de modo espontâneo pela construção do próprio conhecimento do conceito que se pretende aprender.

Há de levar em consideração que aprendizagem conceitual requer movimentos que levem à mudanças de atitudes a partir de estímulos que impulsionem os aprendizes a construir a sua aprendizagem significativa, como infere os PCNs (Brasil, 2001, p. 31):

Para o ensino de Ciências Naturais é necessário a construção de uma estrutura geral da área que favoreça a aprendizagem significativa do conhecimento historicamente acumulado e a formação de uma concepção de Ciência, suas relações com a Tecnologia e com a Sociedade. Portanto, é necessário considerar as estruturas de conhecimento envolvidas no processo de ensino e aprendizagem – do aluno, do professor, da Ciência.

Nesse sentido, pela proposta do modelo SAI “passa a mediar e orientar as discussões e a realização das atividades, agora executadas em sala de aula, considerados os conhecimentos e conteúdos acessados pelo estudante, isto é, fora do ambiente de sala de aula (SCHNEIDERS, 2018, p. 7). Desse modo pode-se confirmar que o aluno atuará como protagonista do seu estudo.

### **2.3 Questões pertinentes acerca da investigação**

Toda a movimentação em prol da elaboração deste estudo adveio de duas situações específicas: i) a identificação da aprendizagem conceitual como um notório problema à aprendizagem em física é a primeira situação; ii) o contexto educacional e social vivido em Parintins, município do interior do Estado do Amazonas, devido à pandemia da Covid-19 que precisou ser implementado em situação específica, a princípio, totalmente com aulas remotas e em um segundo momento de forma híbrida. Neste momento buscava-se formas para minimizar a falta de aprendizagem de conhecimentos dos conceitos básicos de física dos estudantes que estavam sem aula presencial.

### 2.3.1 Contexto da investigação

Com a suspensão das aulas presenciais por decreto Estadual (e Municipal), o contato diuturno com os estudantes foi perdido, mas a responsabilidade e o dever de ensiná-los e educá-los manteve-se firme. Naquele momento, muitas ideias foram sugeridas como opções e defendidas por especialistas, contudo, para o desagrado de muitos, a maioria delas não haveriam de se concretizar, considerando aspectos como a falta de estrutura física e tecnológica nas escolas e pela formação docente deficitária, pois muitos deles não têm o domínio com os meios tecnológicos.

Desse modo, uma proposta de solução para que os alunos não ficassem sem aula e completamente desamparados de seus estudos, foi proposto o investimento em vídeo-aulas prontas, buscando as inúmeras que existentes no canal YouTube, ou o(a) professor(a) gravaria suas próprias vídeo-aula para encaminhar posteriormente para a turma, ou, fazia-se lives (aulas remotas) para compartilhar em grupos de whats app, ou, em última instância, poderia se apelar ao estudo dirigido para encaminhar o desenvolvimento das aulas. Entretanto, a qualidade da internet e, sobretudo, os pacotes de internet que os alunos possuíam, inviabilizaram as videoaulas. Após algum tempo à procura de uma solução viável na prática, chegou-se à conclusão de que os(as) professores(as) do município de Parintins deveriam acessar os alunos por meio de grupos no WhatsApp.

Não é difícil concluir que movimentar uma aula por meio desse aplicativo não é nada funcional e agradável, mas as aulas remotas das escolas Estaduais do Município de Parintins foram ministradas dessa forma, por meio de áudios gravados contendo as explicações dos conteúdos, que em geral tinha uma sequência de atividades como: abertura da aula, conforme o horário controlado pela SEDUC – Parintins; leitura do livro texto (copiava-se, *printava-se*, a página da aula do dia e inseria-se no Grupo do WhatsApp), link de vídeo aulas, e esperava-se um tempo até que os alunos lessem e os que tivessem internet assistissem às referidas videoaula do YOU TUBE, para em seguida explicar os conteúdos em áudios.

Em observância à possibilidade do uso do áudio, como recurso tecnológico mais leve que um vídeo, e sabendo que o instrumento principal para fomentar os conceitos e explicar os fenômenos físicos seria a voz, nasceu a ideia de utilizar o *podcast* como recurso/instrumento didático. Todavia, ainda restava uma coisa: como otimizar o momento das aulas presenciais? Como torná-las um momento de ação, atividade, um momento de trabalho para o alunado? Enviar um podcast, por mais interessante que fosse, ainda resultaria no marasmo de antes.

Foi a partir desse fato que surgiu a ideia de o aluno ter contato com os conceitos básicos

da Termodinâmica: temperatura, calor e mudança de estado pelo *podcast* na plataforma *Anchor*, como recurso utilizado para inverter a sala de aula o qual era compartilhado em grupo de WhatsApp com as turmas dos 2º anos EM e na sala de aula executaria os experimentos simples, pois a realização desses experimentos teria maior potencial de favorecer a ação dos alunos.

Observamos, então, que essa característica iria ao encontro do que vem a ser o modelo de ensino da sala de aula invertida, pois essas premissas do início da pandemia com aulas remotas (assíncronas), estando *on-line ou offline* levou-se à percepção de que os processos desencadeados tinham os contextos da sala de aula invertida, a partir do que infere Jon Bergmann (2017)

A Sala de Aula Invertida (SAI) é a meta-estratégia que apoia todos os outros métodos de aprendizagem ativa. Funciona por sua simplicidade e impacto. Fundamentalmente, você muda o funcionamento da sala de aula. A apresentação de conteúdos sai do momento de grupo (horário da aula) para o momento individual (tempo do aluno sozinho – em geral, em casa). O momento do grupo (o horário das aulas) se transforma num ambiente em que estratégias de aprendizagem ativa podem ser usadas para aprofundar a compreensão do aluno, esclarecer as suas dúvidas e criar relacionamentos de qualidade.

Foi por meio dessa metodologia, como forma de ensino, que se utilizou para mitigar a dificuldade de aprendizagem acerca dos conceitos básicos da termodinâmica supramencionados, uma vez que:

A sala de aula invertida é uma metodologia de ensino que inverte a lógica tradicional de ensino. O aluno tem o primeiro contato com o conteúdo que irá aprender através de atividades extraclases, prévias à aula. Em sala, os alunos são incentivados a trabalhar colaborativamente entre si e contam com a ajuda do professor para realizar tarefas associadas à resolução de problemas, entre outras”. (OLIVEIRA, et al 2016)

### 2.3.2 A percepção do verbete “conceito”

Em consulta ao dicionário *Houaiss, online* (vide: [dicio.com.br/houaiss/](http://dicio.com.br/houaiss/)), se vê que o entendimento do verbete “conceito” é vário. Três delas importam aqui. A primeira diz que conceito é uma percepção, uma noção que se faz dos objetos. Em segundo, para o entendimento do filósofo, o conceito é uma imagem ou ideia abstrata das coisas. E, por derradeiro, o conceito indica uma capacidade intelectual (cognitiva) inerente ao ser humano.

Enkvist (2006), argumenta que o sujeito se relaciona com o mundo através de conceitos e lança a seguinte fórmula de síntese: *conceitualização = abstração + generalização*.

A *abstração* é a capacidade de reduzir a multiplicidade da realidade selecionando

partes específicas dela e não levando em conta outras partes; a *generalização* é uma lei que extrapola os resultados obtidos com a abstração (ENKVIST, 2006). Logo, a generalização sempre vai precedida pela abstração.

A autora encerra dizendo que se não fossem os conceitos, tudo ao nosso redor pareceria confuso e, que, embora diante da mesma realidade, tudo soaria como se fosse um cenário novo (ENKVIST, 2006). Portanto, se economiza o esforço cognitivo através dos conceitos, daí sua urgente necessidade.

A partir dessa percepção, Kalhil, Batista e Ramírez (2013), tecem toda uma argumentação voltada à importância dos conceitos para o ensino de física. Esses autores denotam o conhecimento físico como leis, hipóteses e teorias explicativas que expressam nexos entre conceitos.

Neste ínterim, um conceito físico, por sua vez, expressa as propriedades da matéria e as formas como se movimenta, expressa também as características essenciais dos fenômenos físicos, bem como as relações entre essas propriedades, sejam elas qualitativas ou quantitativas (KALHIL, BATISTA, RAMÍREZ, 2013).

Ocorre que não há uma única via para o professor desenvolver a aprendizagem conceitual. Contudo, parece estar pacificado na literatura especializada que duas são as etapas fundamentais para sua realização. Uma segue o pensamento espontâneo, partindo de situações concretas à abstratas. A outra, segue a racionalidade da ciência moderna partindo de situações completamente abstratas, porém buscando abrigo em situações reais, concretas e, sobretudo, em situações familiares aos alunos (KALHIL, BATISTA, RAMÍREZ, 2013; WILLINGHAM, 2011).

Dessarte o exposto, as fontes que podem contribuir para a formação de conceitos físicos, são plurais. No âmbito da educação formal, o contato com o livro texto de física, as visitas à biblioteca da escola, palestras e as aulas com o professor, são fontes legítimas e usuais de formação de conceitos físicos. No entanto, um filme de ficção científica, um livro de Júlio Verne, um documentário sobre física do clima, um *podcast* sobre temas científicos-populares, também o são; embora seja possível fazê-lo por meio de experiência direta de cada um com o mundo.

## CAPÍTULO 3 - ESTRATÉGIA METODOLÓGICA DA PESQUISA

A ampliação e a construção do conhecimento se dão a partir da comprovação por meio de uma metodologia científica, desse modo, este estudo foi desenvolvido na perspectiva qualitativa, seguindo os procedimentos, a fim de alcançar o objetivo de propor um produto didático que possibilitasse conhecimento significativo dos estudantes que chegam ao Ensino Médio sem ter domínio das habilidades referentes aos conceitos básicos de componentes curriculares das Ciências da Natureza, especificamente da Física. Assim, aplicou-se as estratégias metodológicas, a fim de elaborar uma cartilha sobre Termodinâmica como objeto de conhecimento, utilizando o modelo da sala de aula invertida, a SAI, em contexto escolar.

### 3.1 Universo da Pesquisa

*O locus da pesquisa: locus da pesquisa: e o público-participante*

O locus da pesquisa foi uma Escola Estadual de Tempo Integral.

Participaram da pesquisa: setenta (70) estudantes das turmas do Ensino Médio do 2º Ano da Educação Básica. A partir das matrículas escolares foi verificado que a procedência desses estudantes ocorria tanto da parte central como de bairros da cidade, assim como da área rural do município de Parintins.

Essa municipalidade dista 372 km em linha reta da capital, Manaus. Se encontra situado na faixa justafluvial direita do rio Amazonas, no estado do Amazonas, Brasil.

### 3.2 Método da Pesquisa

A pesquisa foi desenvolvida com o aporte metodológico de Karl R. Popper. Este desenvolveu na década de 1930 o Método Hipotético Dedutivo.

Esse método foi importante no estudo sobre os conceitos da Termodinâmica Básica a partir da sequência didática e a Sala de Aula Invertida por propor que as idéias sejam pensadas antes da observação, ou aplicação de testes. Em outras palavras, a hipótese deve preceder a qualquer aplicação de uma dada técnica. Para Popper (2013), um dado estudo carece ser respondido cientificamente a partir de três princípios: pensar como resolver a *situação-problema*; *conjecturas* - aplicar experimentos para comprovação; e *falseamento* - permite refutar a hipótese formulada, a partir das respostas da pesquisa.

*O enfoque da investigação.* - A investigação que se apresenta foi de enfoque qualitativo na medida em que estávamos interessados em avaliar e buscar indícios de que houve

aprendizagem conceitual em termodinâmica básica através das vozes dos alunos e não somente em averiguar notas ou rendimento quantitativo (SAMPLERI, COLLADO, LUCIO, 2013).

*Os instrumentos de coleta e análise de dados qualitativos e suas razões.* – Os instrumentos de coleta de dados empregados foram a observação direta, técnica imprescindível na pesquisa científica, posto que auxilia o pesquisador a obter informações de ocorrência espontânea do fenômeno pesquisado de maneira clara e precisa (SAMPLERI; COLLADO; LUCIO, 2013).

### **3.3 Procedimentos Metodológicos**

*O contexto social, pedagógico e didático da investigação.* – A investigação foi desenvolvida em pleno período da pandemia da covid-19. Isso trouxe complicações de toda sorte, desde o aspecto didático com a suspensão das aulas presenciais, – mais de uma vez, ressalta-se – até as dificuldades sociais relativas à implementação de aulas remotas em um município com conexão de internet com baixa qualidade, além da dificuldade em favorecer a aprendizagem em física por meio do estudo dirigido quando já se sabe das dificuldades de aprendizagem dos sujeitos da pesquisa.

Após idas e vindas, as aulas, ou seja, os encontros e momentos de observação, se deram no modelo de ensino híbrido, dias com aulas remotas e dias com aulas presenciais. A carga horária inerente à física, conforme matriz curricular, consistia em quatro aulas semanais, com a duração de sessenta minutos cada uma.

As aulas presenciais em que se retomava a discussão sobre os assuntos e quando fazíamos os experimentos simples no laboratório de ciências da escola, só a título de informação, eram bastante dialogadas, exatamente porque nosso interesse era buscar aprendizagem não somente pela escrita, mas também, pela voz.

### **3.4 As etapas da investigação**

#### **Primeira Etapa**

Levantamento e o exame da bibliografia acerca das realidades abordadas pelo projeto de pesquisa: o conceito científico (físico) como notória dificuldade de aprendizagem no ensino da física (Termodinâmica Básica – Calor e Temperatura); bases metodológicas de aplicação, no caso, a aplicação da Sequência Didática no modelo de Sala de Aula Invertida ou SAI. Ademais, neste primeiro momento, foi feito o delineamento da pesquisa e do produto educacional a se desenvolver;

## Segunda Etapa

Empreendeu-se a pesquisa empírica com a coleta e a consecutiva análise de dados: Elaboração e Aplicação do Pré-Teste e Pós-Teste.

Para essas técnicas entre os principais meios tecnológicos foram utilizados: Formulários Impressos; Formulários Google Forms;

Em decorrência do *lockdown* da pandemia (COVID19), o Sistema de Ensino SEDUC-AM (UF- Amazonas) decidiu pelo uso da plataforma do WhatsApp como Salas de aulas da Educação Básica. As salas de aula eram logadas e acompanhadas nos turnos diurnos por profissionais da educação escolar (assessoria pedagógica), a fim de monitoramento dos horários e respectivas frequências, mais o professorado.

O planejamento da pesquisa combinou com a nova modalidade didática. Diante disso, entre os recursos didáticos utilizados para as aulas síncronas e assíncronas (Remotas): *scanner* dos Capítulos do livro didático adotados pela Escola Pública; conteúdos de Física complementares da plataforma do YouTube; criação de podcast. em plataforma remota. Ambos livres para acesso.

O *podcast* foi um dos principais recursos para as aulas remotas de aplicação da SAI. E, para as gravações, uma das soluções foi a seleção de um aplicativo que permitisse o acesso de forma simples. Neste caso, o *Anchor* foi a plataforma selecionada, pelo fato de servir para instalação em computadores e aparelhos telefônicos (Android | iOS | Web).

O *Anchor* é uma plataforma gratuita de criação de podcast (<https://www.anchor.fm/>). Nesse ambiente é possível gravações até mesmo pelo celular além de: criar, editar, publicar o podcast, convidar seus membros para participar, assim como pode criar as próprias estações de rádio para conversarem sobre seus assuntos favoritos.

Para cada aula necessitou da composição de até cinco (5) episódios em torno de 01 a 03 minutos. Na plataforma *Anchor*, automaticamente se juntam antes de serem publicadas. Ocorre que as aulas ocorriam no controle do sistema de ensino da SEDUC-AM e houve necessidade de salvar e transportar desse meio para o WhatsApp, uma vez que o acesso dos(as) estudantes ocorria pelos telefones android.

Para resolver essa situação, das aulas em podcast também no WhatsApp, houve necessidade de utilizar mais um aplicativo livre, o *MP3 Audio Merger and Joiner*: versão 5.0 de 2016 (<https://www.data.ai/en/apps/google-play/app/com.clogica.audiomerger/>). Essa ferramenta mescla ou junta um número ilimitado de arquivos com áudios, em um só, com distintas extensões, possíveis de conversão.

Após entendida a técnica do *MP3 Audio Merger and Joiner*, os podcast produzidos e publicados no Anchor em MP4, ao terminar a gravação de cada, iam sendo levados para serem juntados e convertidos para MP3.

### **Terceira Etapa**

*Tabulação e Análise dos dados* – com estes realizou-se a discussão sobre o individual e coletivo, para ser analisada de modo interpretativo. No entanto, visando a objetividade e o aumento da rigorosidade metodológica, se fez a comparação das respostas obtidas no Pré-Teste e Pós-Teste aplicados aos alunos, com alguma autoridade científica, no caso, os autores dos livros de Física como por exemplo: Herch Moysés Nussenzveig. Como consequência, se catalogou as respostas dos(as) estudantes em três categorias interpretativas (*o certo, o meio certo, errado e, não soube responder*). Explica-se as seguintes categorias:

**Certo**, se atribui o(a) estudante capaz de desenvolver e concluir sua resposta de maneira coerente, com argumentos consistentes conforme o especialista;

**Meio Certo**, se o(a) estudante respondesse pela metade a questão com coerência, faltando argumentos consistentes de acordo com o especialista;

**Errado**, se o(a) estudante não responder às questões com coerência ou não apresentou argumentos consistentes;

**Não soube responder**: não respondeu, deixou em branco. Esta categoria somente está nos testes, posto que esta não foi utilizada no contexto das experiências.

#### *Elaboração de Cartilha como produto das aprendizagens*

Levando-se em conta os resultados satisfatórios de aprendizagem do alunos pelo modelo metodológico da SAI implementado na pesquisa, elaborou-se uma cartilha orientadora para o processo de ensino, respectivo ao componente curricular de Física, com o contexto da Termodinâmica Básica, contemplando os seguintes conceitos: temperatura, calor e mudança de estado.

## **CAPÍTULO 4 – ENSINO E APRENDIZAGEM – DO PRÉ-TESTE AO PÓS-TESTE, DA APLICAÇÃO CONCEITUAL DE GRANDEZAS DA TERMODINÂMICA: TEMPERATURA, CALOR E MUDANÇA DE ESTADO**

A pesquisa realizada teve uma abordagem qualitativa, uma vez que para investigar as respostas dos alunos, foi realizado um teste diagnóstico como pré-teste, (SAMPIERI; COLLADO; LÚCIO, 2013) sobre os conceitos básicos da termodinâmica: temperatura, calor e mudança de estado em forma de questionário com perguntas abertas (APÊNDICE A) deste trabalho, com o objetivo de diagnosticar a compreensão do aluno referente aos conceitos de temperatura e calor que são grandezas fundamentais da termodinâmica. Os aportes teóricos que fundamentam os conceitos que são estudados no componente curricular da Física no Ensino Médio são dos autores HALLIDAY, R.; WALKER, J.; HEWITT, P. G.; KNIGHT, R.; NUSSENZVEIG, H. M.; SEARS, F. W.; SALINGER, G. L.

### **4.1 O pré-teste como diagnóstico dos conceitos básicos da termodinâmica: resultados e discussão**

O teste diagnóstico (pré-teste) foi aplicado de três formas: por meio eletrônico apresentando o assunto com *podcast*. Podcast é um conteúdo em áudio disponibilizado através de um arquivo e funciona como um programa de rádio, o qual foi dividido em episódios e que o ouvinte podia escutá-los na hora que quisesse e quantas vezes fosse necessário. Foi disponibilizado também por meio do Google *Forms*, que é um aplicativo de gerenciamento de pesquisas e coleta de informações. Também pode ser usado para questionários e formulários de registro, que foram encaminhados pelo aplicativo *WhatsApp* no grupo dos 2º anos do Ensino Médio. Por último, o pré-teste foi disponibilizado na forma impressa para os alunos que estavam de forma presencial nas salas de aula devido o cenário pandêmico as aulas se realizavam de forma híbrida.

Cabe destacar que as questões do pré-teste, que também foram utilizadas no pós-teste como verificação do resultado das atividades pedagógicas aplicadas, assim como as questões colocadas ao final de cada experiência foram avaliadas com as seguintes categorias: **certo, meio certo e errado**. Considera-se que no contexto do pré-teste, buscava-se identificar os conhecimentos prévios que os estudantes tinham referentes ao domínio dos conceitos básicos da **termodinâmica: temperatura, calor, mudança de estado**. Até porque, como diz Zabala (1998), para introduzir um novo assunto o professor ou professora supõe que os meninos e meninas sabem o que necessitam para estudar o conhecimento a ser implementado. Entretanto,

para se ter certeza que a continuidade fluirá satisfatoriamente, é prudente que se realize um teste diagnóstico, posto que em apenas um diálogo não seria possível identificar realmente o que os alunos dominam sobre o que se pretende que os alunos aprendam do conteúdo planejado.

A constatação evidenciada pelos resultados do pré-teste, que se pode conferir na **Figura 1**, no **Apêndice A**, além de demonstrar que os estudantes não tinham os conhecimentos prévios para dar continuidade no conteúdo curricular em andamento, indicava também que havia necessidade de uma interferência pedagógica que pudesse promover um melhor desempenho dos alunos, visto que se vive em uma sociedade totalmente modernizada, em que os estudantes estão profundamente envolvidos com o mundo digital e, ainda estávamos em contexto pandêmico. Nesse sentido seria prudente seguir o percurso da prática pedagógica que levasse a uma aprendizagem significativa dos sujeitos que estão em processo na educação formativa.

Entretanto é importante (re)esclarecemos os critérios que correspondem cada uma das categorias que foram utilizadas nas avaliações são assim definidas:

**Certo**, atribuído se aluno foi capaz de desenvolver e concluir sua resposta de maneira coerente, com argumentos consistentes.

**Meio Certo**, se o aluno respondeu pela metade a questão com coerência, faltando argumentos consistentes.

**Errado**, se aluno não foi capaz de responder à questão com coerência ou não apresentou argumentos consistentes.

**Não soube responder**: não respondeu, deixou em branco. Esta categoria somente está nos testes, posto que esta não foi utilizada no contexto das experiências.

Quanto à situação 1 do pré-teste, a Tabela 1 aponta as respostas dos alunos acerca dos conceitos investigados.

**TABELA 1: Questão 1 – Pré-teste**

Situação 1. É correto afirmar que não há diferença qualitativa no uso das palavras calor e temperatura, ou seja: tanto faz usar uma quanto a outra para explicar a sensação de quente e frio, aquecimento da água, uma queimadura leve, entre outras? Explique o que você entende sobre isso:	
CATEGORIAS	RESPOSTAS DOS ESTUDANTES NO PRÉ-TESTE
CERTO	<p><b>R1:</b> Sim, há uma certa diferença, pois Calor é energia que transita de um corpo a outro em virtude de uma diferença de temperatura, já a temperatura é a grandeza associada à medida do grau que há em um ambiente</p> <p><b>R2:</b> Podemos afirmar que sim! Por que a relação entre temperatura e a sensação de calor e o frio estão relacionados à perda e ao ganho de calor. De forma que, quando cedemos</p>

	<p>temperatura ao ambiente, sentimos a sensação de frio, e quando adquirimos temperatura do ambiente sentimos sensação de quente.</p> <p><b>R3:</b> Não. Porque o calor é uma forma de energia, a temperatura é uma medida da energia cinética de todos os átomos e moléculas constituintes de um corpo.</p>
MEIO CERTO	<p><b>R1:</b> Calor é uma coisa, temperatura é outra. A diferença entre eles é: calor é quando tem dois corpos com calor diferentes, o que tem mais calor fornece para o outro corpo com menos calor, ou seja é a troca de calor entre corpos. Já a temperatura é mais sobre partículas agitadas, como a sensação térmica quente e fria, por exemplo, causando uma temperatura diferenciada.</p> <p><b>R2:</b> No meu entendimento calor e temperatura são conceitos diferentes, usados em situações diferentes. Por exemplo, o calor está relacionado ao aquecimento e a temperatura está relacionada com o clima e eles não têm o mesmo significado.</p> <p><b>R3:</b> Não é correto afirmar, porque são palavras distintas, apesar de serem relacionadas, calor é energia e temperatura é a medida do calor.</p>
ERRADO	<p><b>R1:</b> Não é correto afirmar, pois a temperatura é a quantidade física para medir a quantidade de calor.</p> <p><b>R2:</b> Não é correto afirmar, pois quando falamos de calor estamos nos referindo apenas de uma temperatura, agora quando falamos de temperatura estamos nos referindo no geral quente, frio...etc.</p> <p><b>R3:</b> Na minha opinião tanto faz usar as palavras calor e temperatura, para explicar a sensação de quente e frio ou explicar o aquecimento da água.</p>
NÃO SOUBE RESPONDER	<b>Nenhum estudante deixou de responder</b>

As afirmações dos alunos foram analisadas levando-se em conta a discussão levantada por Resnick (2016, p. 413), que afirma ser a “Temperatura é uma grandeza relacionada com as nossas sensações de calor e frio. Enquanto Calor é a energia trocada entre um sistema e o ambiente devido a uma diferença de temperatura”.

Por sua vez Hewitt (2019, p. 285) ensina que temperatura é:

Toda matéria, sólida, líquida ou gasosa é composta por átomos ou moléculas em constante agitação. Em virtude desse movimento aleatório, os átomos ou moléculas da matéria possuem energia cinética. A energia cinética média dessas partículas individuais produz um efeito que podemos sentir: a sensação de quente. A quantidade que informa quão quente ou frio é um objeto em relação a algum padrão é chamado de temperatura.

Contudo, além das respostas mencionadas na Tabela 1, o nível de acertos foi de apenas 6% do total de participantes (Apêndice A, Figura 1), demonstrando que não haviam aprendido, ou não tinham tido acesso ao referido conceito da situação 1. Logo este fato começava a despertar o baixo domínio do conteúdo em estudo.

Na análise da Questão 2 (Tabela 2), verifica-se que embora os resultados tenham apresentado 13% de respostas certas e 26% de meio certa, a quantidade de respostas erradas foi superior. Estas respostas dão indicativos de que podem ter dado suas respostas certas por dedução da ação prática, e não por conhecer o conceito físico.

**Tabela 2: Questão 2 – Pré-teste**

Questão 2. É sabido que podemos conhecer a temperatura dos objetos à nossa volta usando-se um dos nossos cinco sentidos, no caso: o tato. Assim, ao segurarmos uma pedrinha de gelo chegaremos à conclusão de que a pedrinha está gelada. Nesta situação é o calor que passa da nossa mão para a pedrinha de gelo ou é o contrário: é o calor da pedrinha de gelo que para a nossa mão? Explique o que você entende sobre isso:	
CATEGORIAS	RESPOSTAS DOS ESTUDANTES NO PRÉ-TESTE
CERTO	<p><b>R1:</b> O calor da mão que passa para a pedrinha de gelo, porque a mão está quente e a pedrinha de gelo está fria.</p> <p><b>R2:</b> O calor passa de nossa mão para a pedrinha de gelo, porque a mão possui maior temperatura</p> <p><b>R3:</b> É o calor da mão que passa para a pedra de gelo, pois a pedra de gelo está em baixa temperatura e quando colocamos a nossa mão haverá as trocas de energias, e então o gelo se derrete.</p>
MEIO CERTO	<p><b>R1:</b> Minha opinião, acho que a mão que provavelmente passa calor para a pedrinha de gelo porque a mão tem um calor alto, conseqüentemente o bloco de gelo que é mais frio acaba derretendo.</p> <p><b>R2:</b> Nesta situação creio eu que seja o calor da nossa mão que passa para a pedrinha de gelo, é por isso que quando largamos a pedrinha de gelo, a gente sente nossa mão gelada.</p> <p><b>R3:</b> O calor da pedrinha de gelo passa para a nossa mão, diminuindo a temperatura do gelo fazendo ele derreter a pessoa está segurando.</p>
ERRADO	<p><b>R1:</b> O calor da pedrinha de gelo, por que a temperatura dela é maior</p> <p><b>R2:</b> O calor da pedrinha de gelo que passa para a nossa mão, por isso sentimos a sensação de frio e a mesma derrete com a temperatura do próprio ambiente.</p> <p><b>R3:</b> Ambas trocam calor entre si, mas como a temperatura da mão é menor que a do gelo, ela recebe a temperatura do gelo assim logo sentindo a sensação do frio.</p>
NÃO SOUBE RESPONDER	<b>Nenhum estudante deixou de responder</b>

Há de se esclarecer que a atribuição da categoria **certa** referente ao conceito do fenômeno físico **calor** tem o aporte teórico de Hewitt (2019, p. 287), o qual expõe:

Quando o calor toca numa estufa aquecida, a energia passa para sua mão, porque a estufa está mais quente do que ela. Por outro lado, quando você encosta sua mão num pedaço de gelo, energia sai da sua mão para o gelo, que é mais frio. O sentido da transferência espontânea de energia é sempre do corpo do corpo que está mais quente para outro mais frio.

Vale ressaltar que para a **Questão 2**, nenhum participante deixou de responder, o que se pode supor é que o resultado desta questão se deu por intuição partindo do sentido tato que possibilita atribuir o que pode sentir por este, não pelo conhecimento intelectual que os estudantes tinham em relação a este conteúdo.

Enquanto a Questão 2 trata da transferência de calor de um corpo para outro, a situação 3 trata do aquecimento de um ambiente, assim propõe-se:

**Tabela 3: Questão 3 – Pré-teste**

Questão 3. Em regiões frias é comum que dentro das casas tenha uma lareira. Uma vez acesa, a lareira cumpre o papel de aquecer o ambiente e tornar a temperatura do lar mais agradável, especialmente para as crianças e idosos. Explique como o calor da chama da lareira é capaz de aquecer o meio ambiente e, por conseguinte, as pessoas próximas.	
CATEGORIAS	RESPOSTAS DOS ESTUDANTES NO PRÉ-TESTE
CERTO	<p><b>R1:</b> Porque o calor da chama da lareira cede calor para o meio ambiente, assim o meio vai se aquecendo e conseqüentemente quando o ambiente está aquecido ele aquece as pessoas que estão nesse mesmo ambiente.</p> <p><b>R2:</b> Pôr a lareira está a uma temperatura mais alta, ela aquece o ar e o ar aquece o ambiente e as pessoas próximas que se encontram a uma temperatura mais baixa.</p>
MEIO CERTO	<p><b>R1:</b> O fogo é ótimo para aquecer um ambiente quando está frio, porque ele transmite o calor que o nosso corpo precisa.</p> <p><b>R2:</b> Porque a lareira espalha aquecimento para o ambiente e as pessoas próximas.</p> <p><b>R3</b> A lareira consegue aquecer todas as pessoas, por que a casa é toda fechada já as pessoas que estão perto o calor passa para elas.</p>
ERRADO	<p><b>R1:</b> A temperatura da lareira aquece o local frio o que faz que tudo nesse ambiente fique com a mesma temperatura igualando assim o calor de ambos.</p> <p><b>R2:</b> Por que sua temperatura fica um pouco mais alta que o frio.</p> <p><b>R3:</b> A temperatura da lareira passa para o ar vazio, ou seja, passa pelo um espaço vazio esquentando tudo à volta e até os indivíduos que ali estão.</p>
NÃO SOUBE RESPONDER	<b>Somente um estudante deixou de responder</b>

Nos resultados da situação 3 houve apenas 3% de respostas **certas**, além de ter também alunos que não responderam. Este fato indica que a maioria dos participantes do teste não conseguem nem deduzir o porquê da ocorrência do fenômeno. Até porque, a partir de um conhecimento básico conseguiriam inferir que “o fogo faz os átomos da extremidade aquecida moverem-se cada vez mais rapidamente” o que levaria os átomos e elétrons livres a colidirem com os seus que estivessem próximos. Nesse contexto destaca-se que o mais importante é compreender que “os elétrons livres, capazes de se mover dentro do metal, são chacoalhados e transferem energia para o material por meio de colisões com os átomos e outros elétrons livres do mesmo” (HEWITT 2019, p. 303).

Diante da Questão 4, os estudantes deveriam apresentar a resposta que indicasse o processo de aquecimento do metal, indicando o fenômeno da transferência de calor. No entanto, apenas 9% conseguiram responder corretamente. Segundo os alunos, no fogo, por algum tempo, um objeto com cabo de metal fica muito quente, podendo até queimar a pele, por exemplo. Neste caso “a energia é transferida ao cabo por condução”, conforme infere Halliday, (2016).

Neste contexto esclarecemos, pelas respostas indicadas na Tabela 4, como foram analisadas as categorias: **certo**, **meio certo** e **errada**.

**Tabela 4: Questão 4 – Pré-teste**

Questão 4. Você já observou que as colheres de metal ao serem utilizadas para fazer comida se aquecem ao entrar em contato com os alimentos aquecidos na panela. No entanto, esse aquecimento não é imediato, leva um tempo, até chegar ao ponto de o cozinheiro não conseguir segurá-la. Explique como o calor se transfere pela colher:	
CATEGORIAS	RESPOSTAS DOS ESTUDANTES NO PRÉ-TESTE
CERTO	<p><b>R1:</b> Sim. Porque o metal é um ótimo condutor de calor, por isso em um determinado tempo não conseguimos mais segurá-la.</p> <p><b>R2:</b> Sim. Quando um corpo com maior vibração entra em contato com outro que tem menor vibração, o que tem maior vibração vibra mais e vai aquecendo o corpo com menor vibração</p> <p><b>R3:</b> Sim. Os metais são materiais que se aquecem com facilidade, e a colher em contato com o alimento aquecido vai aquecendo gradativamente até chegar na outra extremidade da colher que é o cabo que o cozinheiro está segurando.</p>
MEIO CERTO	<p><b>R1. Sim.</b> Por causa da troca de calor, a panela com o alimento está no fogo constante, então o alimento estará aumentando a sua temperatura, já a colher, um objeto frio é colocada na panela e esquecida, e aí acontece a troca de calor, pra ambos ficarem com o mesmo calor.</p> <p><b>R2. Sim.</b> A colher de metal se iguala ao calor da panela, pois é esquentada facilmente perto do fogo, sendo um ótimo condutor.</p>

	<b>R3.</b> Sim. O calor passa para colher porque ela é de metal, provocando assim um aquecimento na colher.
ERRADO	<b>R1.</b> Porque a colher foi colocada em contato com o alimento quente. <b>R2.</b> A colher de metal se iguala ao calor da panela, pois é esquentada facilmente perto do fogo. <b>R3.</b> Acho que isso acontece porque a colher é de metal.
NÃO SOUBE RESPONDER	<b>Somente um aluno deixou de responder</b>

A construção das respostas deveria ser feita pelo conhecimento sobre os movimentos dos elétrons e átomos. Deveriam demonstrar que os elétrons e átomos da colher de metal vibram intensamente por causa da alta temperatura a que estão expostos. Essas vibrações, e a energia associada, são transferidas para o cabo por colisões entre os átomos. Dessa forma, uma região de temperatura crescente se propaga em direção ao cabo no processo de condução (RESNICK 2016, p. 452). Nessa perspectiva, 37% dos alunos conseguiram se aproximar das opiniões dos especialistas referenciados, sendo consideradas **meio certa**.

As constatações do conhecimento dos estudantes, nas respostas da Questão 5 da qual 16% estavam certas e 36% meio certas, os alunos perceberam que os conceitos não eram nítidos, mas a competência de analisar fenômenos estava bem presente na caminhada de aprendizagem dos estudantes. Na tabela 5, apresenta-se a análise das respostas da Situação 5.

**Tabela 5: Questão 5 – Pré-teste**

Questão 5. Ainda pensando na situação acima, explique: por que o mesmo não acontece com uma colher de madeira e/ou de silicone?	
CATEGORIAS	RESPOSTAS DOS ESTUDANTES NO PRÉ-TESTE
CERTO	<b>R1:</b> Por causa do material que estas colheres são feitas, o qual não aquece tanto. <b>R2:</b> Não acontece por que a colher de madeira e de silicone são isolantes térmicos. <b>R3:</b> Porque são isolantes térmicos e, portanto, não conduzem calor.
MEIO CERTO	<b>R1:</b> Por que elas são feitas de um material que não esquenta. <b>R2:</b> Por que são feitas de materiais diferentes que não tem a mesma resistência ou forma. <b>R3:</b> Porque a madeira e o silicone são de materiais diferentes do metal.
ERRADO	<b>R1:</b> Porque uma colher de madeira não mistura a temperatura do seu corpo. <b>R2:</b> Não sei, mas creio que se a colher de silicone ficar em temperaturas muito alta existe a chance dela derreter, já a colher de madeira existem partículas próprias.

	<b>R3:</b> Porque ela não aguenta tanto calor. Porque esses corpos têm outros tipos de massa diferente da colher de metal.
NÃO SOUBE RESPONDER	<b>Somente um estudante deixou de responder</b>

Embora apenas 47% de participantes tenha dado a resposta **errada**, os que acertaram levam a refletir que tiveram acesso aos conhecimentos de que os maus condutores são denominados isolantes como a lã, madeira, palha, papel, cortiça e isopor, por isso são denominados de bons isolantes térmicos. Conforme infere (HEWITT, 2019. p. 303):

Diferentemente dos elétrons dos metais, os elétrons mais externos dos átomos desses isolantes se encontram firmemente presos”. Como a madeira é um bom isolante térmico (um mau condutor de calor), ela é usada para revestir os cabos de utensílios de cozinha. Mesmo quando está quente, você pode agarrar o cabo revestido de madeira de uma panela com as mãos descobertas e rapidamente retirá-la do forno aceso sem queimar-se.

Visando identificar a aprendizagem referente ao movimento da temperatura tem-se a Situação 6, cujo resultado apresentou uma pequena diferença de saberes, pois 19% estavam certas (APÊNDICE A, Figura 1). Na tabela 6 apontamos a forma como as categorias foram analisadas.

**Tabela 6: Questão 6 - Pré-teste**

Questão 6. Explique por que o congelador fica sempre na parte de cima das geladeiras?	
CATEGORIAS	RESPOSTAS DOS ESTUDANTES NO PRÉ-TESTE
CERTO	<p><b>R1:</b> Fica na parte de cima por causa que quando o ar frio desce vai refrigerando todo ambiente da geladeira.</p> <p><b>R2:</b> É para gelar os alimentos que estão abaixo dele. O frio vem de cima para baixo, refrigerando o que tem dentro da geladeira, formando uma corrente de ar.</p> <p><b>R3:</b> Por que o ar frio desce e o ar quente sobe, formando uma corrente capaz de refrigerar a parte de baixo da geladeira.</p>
MEIO CERTO	<p><b>R1:</b> Bom, eu acho que deve ser porque o congelador é o responsável para refrigerar a parte de baixo da geladeira.</p> <p><b>R2:</b> Fica sempre em cima para que o congelador, possa refrigerar, toda a geladeira, com o ar frio que desce.</p> <p><b>R3:</b> O congelador fica na parte de cima por causa da massa de ar que circula no interior da geladeira.</p>
ERRADO	<p><b>R1:</b> Porque o frio desce garantindo assim um equilíbrio de resfriamento</p> <p><b>R2:</b> O congelador fica na parte de cima da geladeira por que ele produz gelo.</p> <p><b>R3:</b> Por que ele equilibra o frio da geladeira.</p>
NÃO SOUBE RESPONDER	<b>Somente três estudantes deixaram de responder</b>

Sobre o fenômeno que ocorre nas geladeiras, que os alunos apresentaram suas respostas, são explicadas por Resnick (2016, p. 454), que afirma:

A temperatura da parte do fluido que está em contato com o objeto quente aumenta, e (na maioria dos casos) essa parte do fluido se expande, ficando menos densa. Como o fluido expandido é mais leve do que o fluido que o cerca, que está mais frio, a força de empuxo o faz subir. O fluido mais frio escoar para tomar o lugar do fluido mais quente que sobe, e o processo pode continuar indefinidamente. A convecção está presente em muitos processos naturais.

As perspectivas dos alunos que se aproximaram da resposta correta levam a perceber que os alunos necessitam aprofundar os conceitos básicos que são fundamentais para dar continuidade aos demais conhecimentos da Física.

Desse modo seria necessário investigar quais reais conhecimentos os estudantes tinham sobre este fenômeno, por isso foi inserida a situação 7, da qual a Tabela 7 indica os moldes para analisar as respostas dos participantes.

**Tabela 7: Questão 7 Pré-teste**

Questão 7. Pensando na situação acima, escreva por que é um erro instalar os aparelhos de ar-condicionado na parte de baixo de uma parede de casas/prédios?	
CATEGORIAS	RESPOSTAS DOS ESTUDANTES NO PRÉ-TESTE
CERTO	<p><b>R1:</b> Porque a massa de ar frio que desce, seria lançado para o chão fazendo com que dificilmente o cômodo fique na temperatura exigida</p> <p><b>R2:</b> Porque a massa de ar frio desce e a massa de ar quente sobe, então não vai refrigerar o ambiente.</p> <p><b>R3:</b> Porque o ar quente sendo menos denso precisa subir, em contrapartida, o ar frio (mais denso) desce, formando as correntes de ar. Por esse motivo é que o ar condicionado precisa ser colocado na parte superior do ambiente. Não na parte de baixo.</p>
MEIO CERTO	<p><b>R1:</b> É um erro pois o ar frio sempre vai ficar abaixo da média, fazendo assim o espaço que era pra ficar frio, esquentar demais, ao contrário do que era para acontecer.</p> <p><b>R2:</b> Porque não vai gelar o ambiente, pois a função da massa de ar fria é descer e não o contrário.</p> <p><b>R3:</b> Porque segundo a minha percepção se o ar condicionado for instalado em baixo só irá resfriar a parte de baixo já que o ar frio não sobe, só vai refrigerar a parte de baixo.</p>
ERRADO	<p><b>R1:</b> Por que ele não aquece o ambiente da mesma forma que aquece quando está na parte de cima.</p> <p><b>R2:</b> O motivo para não instalar um aparelho de</p>

	climatização na parte de baixo da parede de um prédio é porque quebra a harmonia arquitetônica do edifício. <b>R3:</b> Por que sua densidade é mais baixa, ou seja, ocorrerá o inverso
NÃO SOUBE RESPONDER	<b>Somente dois alunos deixaram de responder</b>

O resultado do pré-teste trouxe a informação de que os alunos tinham um maior conhecimento sobre o fato físico, que “o fluido mais frio é mais denso, então, move-se de modo a ocupar o lugar do fluido mais quente do fundo”. Mesmo assim, a quantidade de resposta errada ainda foi superior, pois 64% erraram totalmente. Pois conforme Hewitt (2019 p. 305), as “correntes de convecção mantêm o fluido em circulação enquanto ele esquentam – o fluido mais aquecido afastando-se da fonte de calor e o fluido mais frio movendo-se em direção à fonte de calor (HEWITT, 2019 p. 305).

Pela Questão 8 no pré-teste, buscava-se que os estudantes apresentassem o conhecimento suficiente relacionado ao fenômeno à transmissão de calor por convecção térmica, cujos dados na Figura 1 (APÊNDICE A) apontam que 71% desconhecem o assunto. Para analisar as respostas das categorias estão indicados na tabela 8.

**Tabela 8: Questão 8 Pré-teste**

<u>Questão 8.</u> Em um dia ensolarado, o que tem em comum entre: a formação de nuvens, a subida de um balão e a planagem dos pássaros? Explique o que você entendeu sobre isto:	
<b>CATEGORIAS</b>	<b>RESPOSTAS DOS ESTUDANTES NO PRÉ-TESTE</b>
CERTO	<p><b>R1.</b> A formação das nuvens se dá pela evaporação em dias ensolarados, pois as nuvens, o balão sobe por causa do ar quente que tem dentro dele, e o pássaro usa os ventos para se guiar na aterrissagem. Creio que seja por causa das correntes de ar.</p> <p><b>R2.</b> Elas têm em comum o fato de que todos precisam das correntes de ar. O movimento se dá por conta que o ar quente sobe, e o ar frio desce, formando essas correntes de ar que favorecem a formação de nuvens, a subida de um balão e a planagem dos pássaros.</p> <p><b>R3.</b> O que tem em comum na formação de nuvens, na subida de um balão e na planagem dos pássaros é a corrente de convecção, que se dá por conta do ar quente e frio, mesmo processo do ar condicionado.</p>
MEIO CERTO	<p><b>R1.</b> Acho que é por causa do ar. A formação das nuvens, precisam desses movimentos do ar para se elevar, o balão sobe devido ao ar quente dentro dele e os pássaros voam porque eles precisam exercer uma força em relação ao ar.</p> <p><b>R2.</b> O funcionamento do deslocamento de um balão se dá basicamente pelo mesmo princípio do ar condicionado. O ar quente sobe e o ar frio desce, desse modo, podemos observar</p>

	que o balão é cheio de ar quente de modo que o mesmo tende a subir. <b>R3.</b> As correntes de ar estão presentes, em ambas as situações.
ERRADO	<b>R1.</b> Por causa do ciclo das coisas, pois tudo acontece conforme seu ciclo desde nascimento, sobrevivência, alimentação, envelhecimento e morte. <b>R2.</b> Acho que por que nos dias ensolarados e comum ter bastante ventos <b>R3.</b> Porque o vento e o tempo têm que estar propícios para essas situações acontecerem.
NÃO SOUBE RESPONDER	<b>Oito estudantes deixaram de responder.</b>

Visando apontar o fenômeno físico da convecção atmosférica, há se ter certeza que este “desempenha um papel fundamental na formação de padrões climáticos globais e nas variações do tempo a curto prazo”. Nesse sentido muitos inventos como os de asa-delta, assim como como os pássaros usam as situações térmicas (correntes de convecção de ar quente) para se manterem por mais tempo no ar (RESNICK, 2016, p. 454).

Na continuidade da busca dos conhecimentos dos alunos do 2º ano do Ensino Médio, relacionado ao estudo da Física, o pré-teste buscou ainda identificar sobre a transmissão de calor por radiação através da Situação 9. Os dados indicados na Figura 1 no Apêndice A apontam 76% erradas, fato que comprova a necessidade de implementar o conteúdo, através de métodos que envolvam o protagonismo dos estudantes. Enquanto os critérios de análise das categorias estão expostos na **tabela 9**.

**Tabela 9: Questão 9 – Pré-teste**

Questão 9. Quando você ouve as palavras radiação e irradiação, o que te vem à cabeça? Será que elas significam a mesma coisa? Explique o que você entende sobre isso:	
CATEGORIA	RESPOSTAS DO ESTUDANTES NO PRÉ-TESTE
CERTO	<b>R1.</b> Quando escuto radiação vem na minha cabeça coisas relacionadas ao sol, como por exemplo os raios ultravioletas essas coisas é irradiação pra mim e quando algo tóxico entra em contato com nosso corpo. <b>R2.</b> A irradiação é quando o corpo fica exposto à radiação térmica
MEIO CERTO	<b>R1.</b> Não é a mesma coisa, pois a radiação é a transmissão de energia e a irradiação é o oposto, ou seja, ela absorve energia. <b>R2.</b> Radiação e o ato de emitir. Irradiar é o ato de receber <b>R3.</b> Radiação está fora do corpo e irradiação está entrando no corpo
ERRADO	<b>R1.</b> Radiação é quando os raios atingem ou impactam um certo lugar, irradiação é quando os raios não podem atingir um determinado lugar.

	<p><b>R2.</b> Me vem na cabeça que radiação é a mesma coisa que irradiação, por exemplo o sol irradia energia térmica.</p> <p><b>R3.</b> Me vem na cabeça, radiação algo radioativo e irradiação algo não radiativo.</p>
NÃO SOUBE RESPONDER	<b>Somente dois estudantes deixaram de responder</b>

Certamente que as palavras radiação e irradiação não são do dia a dia dos alunos, nem é de fácil dedução para atribuir uma resposta aproximada do que trata os aspectos físicos apontados por Resnick (2016):

As ondas eletromagnéticas que transferem calor são muitas vezes chamadas de radiação térmica para distingui-las dos sinais eletromagnéticos (como, por exemplo, os das transmissões de televisão) e da radiação nuclear (ondas e partículas emitidas por núcleos atômicos). Radiação, no sentido mais geral, é sinônimo de emissão (RESNICK 2016, p. 454).

O pré-teste trouxe um resultado (APÊNDICE A, FIGURA 1) apontando que há de envidar melhoria na prática de ensino que envolva o estudante na construção do próprio conhecimento, a partir da mediação do professor, da professora, pois pela ação prática a assimilação se torna mais proveitosa, como demonstram inúmeros estudos referentes ao processo de ensino e aprendizagem.

#### **4.2 Implementando a metodologia ativa: Sala de aula invertida (SAI)**

Com base no que foi comprovado no diagnóstico (Figura 1), buscando uma “aprendizagem de qualidade” (BNCC) dos estudantes do 2º Ensino Médio, usamos uma sequência didática para ensinar termodinâmica básica: temperatura, calor e mudança de estado, utilizando o modelo da sala de aula invertida (SAI), para minimizar as dificuldades conceituais dos alunos.

Na sala de aula invertida, o docente torna-se responsável por criar, selecionar e organizar o estudo, bem como auxiliar os estudantes, sanando as dúvidas deles e concentrando mais atenção nas especialidades de cada um nos encontros presenciais (OLIVEIRA et al., 2016).

Neste modelo de ensino denominado Sala de Aula Invertida - SAI, a coleta de dados desta pesquisa foi desenvolvida, realizando uma intervenção, através de sequência didática que implementou os passos explicados a seguir.

No primeiro passo o docente explicou o conteúdo curricular, discutindo os conceitos de temperatura e calor por meio do *podcast* (mediação não presencial), compartilhando o áudio no grupo do WhatsApp, o qual seria o contato inicial entre o professor e o aluno. As aulas

seguem o modelo da sala de aula invertida, em que o *podcast* é o recurso empregado para inverter a sala de aula. Desse modo se desenvolveu a Aula 1: Conceitos de temperatura e calor, com o objetivo: conceituar temperatura e calor (<https://anchor.fm/naina-bezerra-pacheco/episodes/Aula-1-Temperatura-e-Calor-e110uuq> )

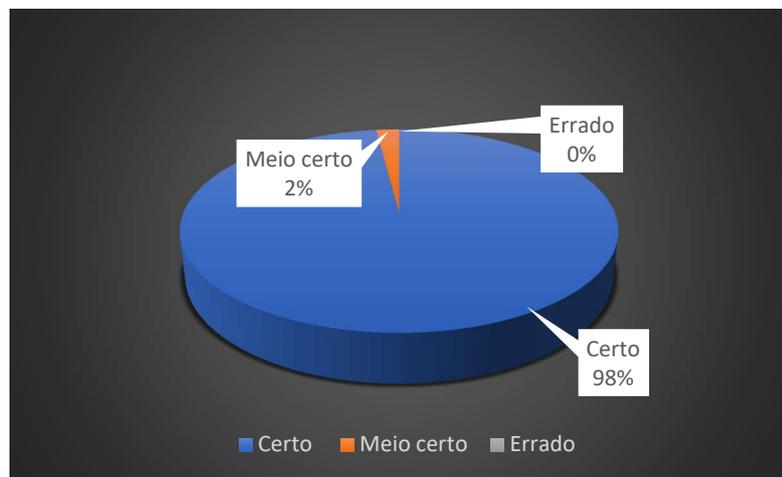
O segundo passo ocorreu na aula presencial (ensino híbrido). Este foi o momento da ação para reforçar a aprendizagem do aluno. Foi neste formato de aula que os cinco experimentos simples foram realizados, cujo objetivo foi aplicar os conceitos de temperatura e calor de forma clara e precisa e identificar os fenômenos relacionados à temperatura e calor no seu dia a dia, conforme o conteúdo disponibilizado no *podcast* (Aula 1). Durante as experiências, os alunos puderam se expressar, questionar, fazer observações, até ter condições de responder às situações-problemas propostas no final de cada experiência, como uma forma de verificar o aprendizado.

Nas atividades presenciais, os alunos, sujeitos da pesquisa, demonstraram domínio do conteúdo que lhe fora proposto através do *podcast*. Neste contexto o objeto de conhecimento da Física foi embasado no aporte teórico de Resnick (2016) o qual infere conceitualmente o seguinte:

[...] Um dos conceitos centrais da termodinâmica é o de temperatura. Desde a infância, temos um conhecimento prático dos conceitos de temperatura e energia térmica. Sabemos, por exemplo, que é preciso tomar cuidado com alimentos e objetos quentes e que a carne e o peixe devem ser guardados na geladeira. Sabemos, também, que a temperatura no interior de uma casa e de um automóvel deve ser mantida dentro de certos limites e que devemos nos proteger do frio e do calor excessivos (p.414).

Como terceiro passo os alunos respondiam às questões referentes ao conteúdo apresentado no *podcast*, (Aula 1), que havia sido a base das experiências. Após esta fase, era feita a análise das respostas dos estudantes, cujo resultado (Figura 2). Os dados correspondem às respostas das situações-problemas indicadas para que os alunos demonstrem seus conhecimentos, ao final de cada uma das experiências.

As informações da Figura 8 comprovam que os objetivos previstos para sequência didática que fora desenvolvida através da estratégia didática Sala de Aula Invertida foram alcançados, indicando, assim, que as dificuldades que os alunos demonstraram, anteriormente, com relação ao conceito de temperatura e calor, representavam, agora, aprendizagens essenciais referentes ao objeto de estudo.



**Figura 8. Respostas das experiências da Aula 1: Temperatura e calor.**

As atividades que foram encaminhadas para os estudantes responderem após cada experiência tinha a finalidade de verificação do conhecimento, isto é, servia como avaliação do objeto de estudo no processo de aprendizagem, enquanto contexto da intervenção que buscava desenvolver o ensino capaz de envolver o aluno na construção do próprio conhecimento. Referente a este aspecto de avaliação o aporte teórico de Zabala (2010, p.195) infere que “quanto ao objeto da avaliação, às vezes é o processo de aprendizagem seguido pelo aluno ou os resultados obtidos, enquanto que outras vezes se desloca para a própria intervenção do professor”.

A aplicação do método SAI, no contexto desta pesquisa, foi utilizada como uma proposta de o aluno ser o protagonista do próprio aprendizado, a partir do que propõe a Competência específica 3 da Educação Básica da BNCC. Por sua vez o docente atua como mediador do conhecimento, assim se buscou desenvolver no estudante a capacidade de:

Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) (BRASIL, 2018, p. 558).

Nesse contexto o “método da Sala de Aula Invertida” - SAI foi desenvolvido com a finalidade de “otimizar as etapas de transmissão e de assimilação dos conhecimentos”, e, nesta proposta educacional, do ensino da Física, a fim de conduzir os estudantes, que estavam passando por um momento difícil para ter aulas regulares, considerando a situação pandêmica mundial, fato este que vinha contribuindo para o baixo aprendizado dos conhecimentos

necessários para o nível em que os sujeitos da pesquisa estavam cursando (SCHNEIDERERS, 2018).

Foi nessa perspectiva que foram implementadas as aulas no método SAI para dar conta do conteúdo básico da área de conhecimento Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Desse modo a continuidade do processo pedagógico desenvolveu outras três sequências didáticas com a finalidade de completar o conhecimento conceitual das grandezas da Termodinâmica.

A Aula 2. Desenvolveu os **processos de transmissão de calor**, com o objetivo de compreender os processos de transmissão de calor: condução, convecção e radiação, indicada no link <https://anchor.fm/naina-bezerra-pacheco/episodes/Aula-2-Processos-de-Transmissao-de-Calor-e1452he>.

Quando os alunos estavam em aula presencial, ocorria o reforço da aprendizagem do aluno que realizavam cinco experimentos simples referentes aos conhecimentos da aula que fora disponibilizada no link, com o objetivo de identificar o gatilho que dispara os processos de transmissão de calor supramencionados; qualificar, com precisão, cada um desses processos; identificar que esses processos não acontecem igualmente em objetos feitos com materiais diferentes. Durante essas atividades os alunos questionavam, faziam observações necessárias até se sentirem em condições de responder às questões propostas no final de cada experimento.

Pela análise das respostas que os estudantes apresentaram, pode-se inferir que os objetivos previstos foram alcançados, conforme pode ser evidenciado na Figura 9. Pois nas cinco experiências a maioria dos alunos teve 99% de acertos, apenas 1% meio certo e 0% de erro, indicando o aprendizado do conhecimento de modo satisfatório.



**Figura 9. Respostas das questões referentes às experiências da aula 2 de Transmissão de Calor, condução, convecção e radiação**

Na aplicação da SAI desta aula, observa-se que quanto ao processo de transmissão de calor: condução, convecção e radiação, houve aprendizado significativo, posto que foram avaliados e apresentando 99% de acertos pela maioria dos alunos, fato que comprova o resultado de conhecimento significativo, sanando as situações negativas que foram apresentadas pelos alunos a partir de uma forma de estudo realizada pela inversão de ensino, como afirma Oliveira (et al 2016):

Na Sala de Aula Invertida, as dificuldades e dúvidas enfrentadas pelos alunos em seus estudos em casa são levadas ao conhecimento do professor, que as usa para planejar as atividades a serem realizadas nos encontros presenciais.

O andamento do ensino dos conceitos básicos da Física teve continuação em mais uma sequência didática, deste modo na **Aula 3** implementando o conteúdo **mudança de fase ou estado**, com o objetivo de levar o estudante a compreender as transformações que acontecem entre as três fases de uma substância pura, analisando basicamente as trocas de calor que ocorrem durante as mudanças de fase. Assim foi compartilhado o link <https://anchor.fm/naina-bezerra-pacheco/episodes/Aula3Mudana-de-Estado-eou-Fase-e19c030> para os alunos ouvirem a aula na própria residência. No dia em que estavam na aula presencial (os alunos estavam no modelo ensino híbrido), os discentes aproveitavam o momento para reforçar a aprendizagem dos conhecimentos. Após este momento foram realizados quatro experimentos simples, cujo objetivo era identificar as mudanças de estado da água: fusão, solidificação, vaporização e condensação; entender as características das mudanças de estado. Durante esta prática em classe o aluno se manifestava, questionando, fazendo considerações que indicam os conceitos estudados na aula em podcast que fôra disponibilizada no link, buscando sanar todas as suas dúvidas, até se sentirem confiantes para responder às questões propostas.

Após responderem às questões avaliativas que indicariam o domínio do conteúdo estudado em toda a sequência didática, é realizada a análise das respostas dos alunos, mais uma vez ficou comprovado que os objetivos foram alcançados, cujos resultados se evidenciam na Figura 10 abaixo.



**Figura 10. Respostas das questões referentes às experiências da aula 3, Mudança de Estado: fusão, solidificação, vaporização e condensação.**

Nestas quatro experiências os alunos tiveram 97,5% acertos, somente 2,5%, tiveram meio certo e 0% apresentaram erro, concluindo assim, que os objetivos previstos foram alcançados, e, por sua vez, os alunos demonstraram o desenvolvimento das habilidades referentes ao conteúdo. Desse modo, mais uma vez a aplicação do método da Sala de Aula Invertida proporcionou aprendizagem satisfatória do objeto de conhecimento da Física, pois como afirma Oliveira et al. (2016):

Não basta que os alunos aprendam os conteúdos e a resolver problemas de física, é essencial na sociedade contemporânea que as pessoas adquiram habilidades relacionadas ao trabalho colaborativo, como por exemplo: saber ouvir e comunicar ideias, contribuir em discussões, respeitar e ser flexível diante de conflitos.

### **4.3 Um debate de tema interdisciplinar como verificação de aprendizagem**

As Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio destacam, dentre outros, o princípio de contextualização, partindo de fenômenos cotidianos em direção aos saberes científicos, ou seja, estruturar um planejamento a partir da realidade social em que a escola está inserida e de características cognitivas do sujeito (BRASIL, 2012).

Para evidenciar o conhecimento aprendido pelos alunos, colaboradores desta pesquisa, foi realizada ampla discussão, a partir de um tema interdisciplinar “O Aquecimento Global e a Amazônia”, o qual teve como objetivo: explorar os conceitos de calor, de temperatura e mudança de estado, à luz de um contexto real e relevante à região Amazônica. Para a discussão a temática foi dividida em duas partes: questões físicas, voltadas para os conceitos básicos da

termodinâmica: temperatura, calor e mudança de estado e questões contextuais; e a voltada para caracterizar a climatologia local da cidade de Parintins, bem como aprender como o clima influencia a vida diária das pessoas e a economia local da cidade. Nessa visão na aprendizagem baseada em equipes, a ideia central é que os alunos sejam ativos e se sintam responsáveis pela própria aprendizagem e pela dos colegas (OLIVEIRA, et al 2016).

A sequência didática deste trabalho final ficou da seguinte forma:

1º: foi solicitada que a turma se dividisse em grupos com quatro componentes e solicitei por escrito uma atividade de pesquisa direcionada por mim. A pesquisa consistia em responder a seguinte pergunta: Qual é a relevância da Floresta Amazônica para o clima local de Parintins?

No final da pesquisa todos os estudantes deveriam ser capazes de respondê-la e me mantive à disposição para sanar as dúvidas.

2º Após o recebimento do trabalho escrito de pesquisa, eu li atentamente para verificar se havia argumentação consistente, precisão conceitual, emprego adequado da linguagem científica, fiz as devidas correções e devolvi para os grupos para que pudessem rever os erros e saná-los.

3º Nesta etapa realizei a discussão em forma de debate, onde foram gravadas as respostas dos alunos tanto com relação às questões conceituais quanto às questões contextuais.

Na Sala de Aula Invertida, o ritmo é dado, em parte, pelo estudante. A partir do contato prévio com o conteúdo, ele tem tempo para pensar sobre o que está estudando. Além disso, ao pedir para os alunos pesquisarem um assunto real e responder à pergunta do clima da cidade local, o professor está estimulando o estudante a capacidade de reflexão e a habilidade de enxergar a física, especificamente temperatura, calor e mudança de estado no seu dia a dia. Vale ressaltar que pesquisas em ensino de física mostram que os métodos ativos de ensino podem melhorar a compreensão de conceitos físicos.

Por outro lado, a Lei 9.394/96 que rege os princípios da educação brasileira, tem outros referenciais de grande relevância para o Ensino de Física, que são os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs). As orientações curriculares dispõem de competências e habilidades que devem ser desenvolvidas no ensino. Estas competências estão divididas em 6 competências de representação e comunicação; investigação e compreensão; e contextualização sociocultural. A Física é uma disciplina que deve ser trabalhada de forma abrangente conforme as orientações curriculares. Como está escrito nos parâmetros curriculares nacionais, “É preciso rediscutir qual Física ensinar para possibilitar uma melhor compreensão do mundo e uma formação para a cidadania mais adequada” (BRASIL, 1999, p.230).

A Ciência Física tem proposta para ser ensinada conforme as orientações dos PCNs e

das pesquisas no ensino de Física, para que os alunos desenvolvam a capacidade de interpretá-la para uma melhor contextualização dos conhecimentos científicos. Nesse contexto o planejamento didático não pode se abster de prever o desenvolvimento de habilidades como:

(EM13CNT101) Analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas (BRASIL, 1999).

Por conseguinte não se pode deixar de desenvolver habilidades como expressar-se corretamente utilizando a linguagem física adequada e os elementos de sua representação simbólica. Apresentar de forma clara e objetiva o conhecimento apreendido, através de tal linguagem”. Assim como as habilidades Conhecer e utilizar conceitos físicos. Relacionar grandezas, quantificar, identificar parâmetros relevantes. Compreender e utilizar leis e teorias físicas.

A partir dessa concepção, objetivando avaliar o conhecimento significativo dos alunos que haviam participado das sequências didáticas do modelo Sala de Aula Invertida para aprendizado da termodinâmica, objeto do conhecimento da Física, debate para ser analisado os resultados se desenvolveu no modelo roda de conversa. A participação dos alunos foi registrada e transcrita, as quais estão sintetizadas no Quadro 1 e no Quadro 2, a seguir:

**Quadro 1: Discussões referentes aos conceitos da Física**

1.Explique a convecção atmosférica.	A convecção é guiada pelo aquecimento da superfície terrestre que recebe o calor do sol durante o dia, e como consequência, aquece o ar que está logo acima, causando a diminuição da densidade do ar que o faz subir.
2.Explique o processo físico de formação de nuvens	O calor irradiado pelo sol atinge a superfície da terra, provocando a evaporação das águas provenientes de mares, rios, lagos, igarapés e florestas, como o ar quente é mais leve sobe até a atmosfera. As nuvens são formadas quando o vapor se eleva até a atmosfera e encontra um ar com uma temperatura mais baixa transformando o vapor em pequenas gotas de água ou cristais de gelo.
3.Explique fisicamente como acontecem as chuvas.	O acúmulo de gotículas de água e água cristalizada que formam as nuvens, ficam pesadas e por conta da gravidade faz com que toda essa água caia em forma de chuva. Esse fenômeno, para ele ocorrer, precisa de dois estados, o estado vaporização (passagem do líquido para o gasoso) e a condensação ou liquefação ( passagem do gasoso para líquido).
4.O que é Efeito Estufa?	É o fenômeno natural que ocorre no planeta Terra, esse

	fenômeno é a energia do sol que atravessa a atmosfera e é absorvida pela terra e convertida em calor na superfície e é benéfico, pois mantém a temperatura do planeta amena e sem grandes variações. Sem este fenômeno, a Terra seria fria demais. Porém, ultimamente o Efeito Estufa está ficando cada vez mais intenso. Um dos vilões do efeito estufa é o CO <sub>2</sub> , dióxido de carbono, que é liberado na queima dos combustíveis: gasolina, óleo diesel, carvão entre outros, essa queima também libera outros gases estufa, os quais poluem a atmosfera.
5. Conceitue o fenômeno que chamamos de aquecimento global.	O aquecimento global é o aumento da temperatura terrestre, causado pelo acúmulo de gases do efeito estufa, que está aumentando a temperatura média dos oceanos e da atmosfera terrestre, ocasionando o derretimento das geleiras, calotas polares e eleva os níveis do mar.
6. Existem diferenças conceituais entre o aquecimento global e o efeito estufa?	Sim. O efeito estufa é o mecanismo que ocorre com a ação de gases que retêm calor na atmosfera do planeta, enquanto o aquecimento global é o aumento da temperatura média do planeta por causa da emissão desenfreada desses gases o qual gera mudanças climáticas.
7. Como sabemos que o planeta está aquecendo e não resfriando?	Vemos que o planeta está aquecendo por meio dos mapas de temperatura da superfície mostrados nos noticiários da TV, no cálculo da temperatura média de várias regiões do mundo, por meio da poluição dos gases, pelo aumento do desmatamento, nos derretimentos das geleiras e na sensação térmica que sentimos.

### Quadro 2: Discussões referentes ao contexto de Parintins

1- Diga como a Floresta Amazônica pode contribuir para o clima regional?	A floresta amazônica contribui muito para nosso clima, pois gera a umidade do ar, deixando o ambiente agradável e influência na formação das chuvas, estabilizando o nosso clima.
2- Como a Floresta Amazônica contribui para a formação de chuvas na região amazônica?	A floresta Amazônica como uma bomba d' água, toda umidade evaporada do Oceano Atlântico segue para floresta a dentro pelos ventos e é descarregada em forma de chuva a qual, volta para a atmosfera através da evapotranspiração, a água que fica retida nas copas das árvores evapora e permanece na atmosfera em forma de umidade.
3- O Amazonas, o rio que cerca a ilha de Parintins, minimiza ou aumenta a temperatura na ilha?	Minimiza. Porque a alta capacidade térmica da água fazem do rio Amazonas um regulador do sistema climático, estabilizando a temperatura da ilha, pois a água possui elevados valores de calor específico e calor latente de vaporização, isso faz com que não ocorra variações bruscas em sua temperatura, possibilitando a vida de muitos organismos, os quais só conseguem sobreviver em uma determinada variação de temperatura.
4- Caracterize a climatologia de Parintins: Quais são os meses de verão e de inverno? Qual o mês mais chuvoso e qual mês mais seco de Parintins? Qual o valor médio de chuvas mensal em Parintins?	- Em Parintins o verão é curto, inicia dia 15 de setembro a 22 de novembro. O inverno é longo, inicia dia 6 de janeiro a 1 de agosto com temperatura média de 30° C . O mês mais chuvoso é março com média de 372 milímetros de precipitação de chuva e o mais seco é setembro com média de 46 milímetros de precipitação de chuva, com temperatura média de 34° C. O valor médio mensal é de 43 mm a 108 mm.
5- Em que parte da cidade temos a sensação térmica mais quente?	O centro da cidade, pois tem muita circulação de veículos (caminhões, motos, carros) e de pessoas.

	Nas áreas mais urbanizadas com calçadas e ruas asfaltadas com poucas áreas verdes. Nas áreas próximas à CEAM (Companhia Energética do Amazonas) – Usina Termelétrica.
6- Como o clima influencia na vida diária dos habitantes de Parintins e na economia local?	Ocorre o deslocamento das famílias durante as cheias do rio, as famílias que moram na várzea se deslocam para terra firme. Aqui em Parintins as famílias que moram perto dos rios (igarapés ou lagos) tem que fazer pontes para poder se deslocar. A economia de Parintins se dá pelo setor primário de forma tradicional: agricultura, pecuária bovina e bufalina, que tem uma queda durante a cheia dos rios, agora a pesca tem maior produção na vazante do rio. A terra firme serve pra manter o gado durante a cheia dos rios e os roçados de mandioca e as plantações de frutas( abacaxi, banana, melancia, etc) só se iniciam após as chuvas.
7- Quais as ações ambientais conjuntas que os parintinenses devem empreender para melhorar, a sensação térmica de Parintins?	Mais ações ambientais, bem como a fonte de energia por painéis solares, campanha de conscientização com o apoio da prefeitura com projetos que estimulem práticas de sustentabilidade nas praças de alimentação, comércios, casas, repartições públicas e escolas. Conscientização sobre desmatamento nas escolas e nas comunidades do interior de Parintins. Rearborização nas áreas urbanas. Economizar energia elétrica e água, diminuir a poluição sonora, usar sacolas retornáveis, melhorar o saneamento básico e a infraestrutura da lixeira pública.

Analisando as falas dos alunos verificamos que o objetivo de aprendizagem foi atingido com sucesso, pois os alunos argumentaram de maneira consistente, empregando a linguagem científica adequadamente referente aos conceitos de calor, temperatura e mudança de estado no contexto da Amazônia

Nota-se que as metodologias ativas podem apresentar boas expectativas para a inovação no ensino da Física De acordo com o Resnick

Os meteorologistas analisam a transferência de energia térmica nos eventos associados ao fenômeno El Niño e ao aquecimento global. Os engenheiros agrônomos investigam a influência das condições climáticas sobre a agricultura (p. 414).

Vale ressaltar que os grupos de discussão são muito recomendados ante o uso da sala de aula invertida. Além disso, é um excelente método para verificação da aprendizagem conceitual, pois o aluno por meio da voz, conseguiu organizar as ideias inerentes aos conceitos físicos.

#### **4.4 O aprendizado dos conceitos da física indicado no pós-teste**

Após ter aplicado a metodologia ativa por meio da sala de aula invertida, aplicamos um pós-teste com as mesmas questões do pré-teste, com o objetivo de diagnosticar se houve ou não

compreensão sobre os conceitos de temperatura e calor trabalhados.

De acordo com a **Figura 2 (APÊNDICE A)**, verificamos que houve um aprendizado significativo, tendo 94,6% acertos, 5,4% meio certo, 0,0% erro e 0,0% deixaram de responder. Desse modo, as atividades são consideradas exitosas a partir das práticas educativas como afirma Bergmann e Sams (2018)

A sala de aula invertida de aprendizagem para domínio associa os princípios da aprendizagem para o domínio à tecnologia de informação para criar um ambiente de aprendizagem sustentável, replicável e gerenciável. Ao entrar em uma de nossas salas de aula você se surpreenderá com o volume de atividades assíncronas. Basicamente, todos os alunos trabalham em tarefas diferentes, empenhados e engajados na própria aprendizagem. Alguns fazem experimentos ou desenvolvem pesquisa, outros assistem a vídeos em seus dispositivos pessoais, outros se reúnem em equipe para dominar objetivos ...Você também verá alguns alunos trabalhando individualmente ou em pequenos grupos com o professor (p 76).

Vale considerar que neste estudo tem-se a finalidade de demonstrar que os estudantes adquiriram um domínio adequado dos conceitos da Termodinâmica, na perspectiva de que ela se ocupa com quaisquer transformações de energia em sistemas macroscópicos.

Por outro lado, ressalta-se que nas atividades didáticas em que os alunos utilizaram os sentidos como o tato e a visão alcançaram maior desempenho em compreender os conceitos estudados, posto que, “a capacidade de aprender, não apenas nos adaptar, mas sobretudo para transformar a realidade, para nela intervir, recriando-a, fala de nossa educabilidade a um nível distinto do nível do adestramento dos outros animais ou cultivo das plantas” (PAULO FREIRE p. 69). Neste sentido, ao analisar os resultados do pós-teste, com as mesmas questões do pré-teste, ficou evidenciado que os estudantes, por seu protagonismo (BNCC), assimilaram os conhecimentos da **termodinâmica**, a partir da sequência de atividades realizadas, envolvendo pesquisa, experiências e debates.

A partir da definição de que temperatura é estado térmico e calor é a energia transferida quando dois corpos são colocados em contato, os estudantes alcançaram 96% de acertos e apenas 4% meio certo (Apêndice A, Figura 2).

**Tabela 10: Questão 1 - Pós-teste**

Questão 1. É correto afirmar que não há diferença qualitativa no uso das palavras calor e temperatura, ou seja: tanto faz usar uma quanto a outra para explicar a sensação de quente e frio, aquecimento da água, uma queimadura leve, entre outras? Explique o que você entende sobre isso:	
CATEGORIAS	RESPOSTAS DOS ESTUDANTES NO PÓS-TESTE
CERTO	R1. Não é correto afirmar, pois calor é energia em trânsito de um corpo para outro em virtude de uma diferença de temperatura e a temperatura é uma grandeza física associada à medida do grau de agitação das

	<p>partículas que compõem um corpo.</p> <p>R2. Não é correto afirmar, porque o calor é definido como energia cinética total dos átomos e moléculas que compõem uma substância, já a temperatura é a medida da energia cinética média das moléculas ou átomos individuais.</p> <p>R3. Não é correto afirmar porque a temperatura é a medida da maior ou menor agitação das moléculas que constituem um corpo de um corpo ou substância, já o calor é transferência de energia, que ocorre espontaneamente de um corpo de maior temperatura para um corpo de menor temperatura.</p>
MEIO CERTO	<p>R1. Não é correto afirmar, pois a sensação de quente e frio está relacionado a temperatura alta ou baixa, agora o aquecimento da água e queimadura leve está relacionado com calor que é emitido de um corpo bem quente.</p> <p>R2. Não é correto afirmar, porque quente e frio está relacionado com a temperatura, pois corpos mais quentes apresentam maior temperatura do que os corpos mais frios, já o aquecimento da água e a queimadura leve está relacionada ao calor.</p> <p>R3. Não é correto afirmar que tanto faz utilizarmos a terminologia calor e temperatura para explicar a sensação quente ou frio, aquecimento da água e queimadura leves, pois a sensação de quente e frio está relacionado com a temperatura e o aquecimento da água e a queimadura leve está relacionado ao conceito de calor.</p>
ERRADO	Nenhum aluno respondeu errado.
NÃO SOUBE RESPONDER	Nenhum aluno deixou de responder

As respostas dos estudantes foram feitas, tecendo considerações pertinentes, conforme podem ser vistas na **Tabela 10**, não ocorrendo nenhuma resposta errada ou que tenham deixado de responder do total de participantes da pesquisa. Compreende-se que o desenvolvimento das atividades pedagógicas implementadas pelos agentes estudantis está inserido no aporte da BNCC a qual aponta que, “a Ciência e a Tecnologia tendem a ser encaradas não somente como ferramentas capazes de solucionar problemas, tanto os dos indivíduos como os da sociedade, mas também como uma abertura para novas visões de mundo” (BNCC, p.547 – BRASIL, 2018).

Na abordagem pedagógica para alcançar aprendizagem significativa dos estudantes, buscamos analisar a partir dos princípios da BNCC a qual indica que “a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias propõe um aprofundamento nas temáticas Matéria e Energia, Vida e Evolução e Terra e Universo”. (BNCC p.548). Desse modo em continuação se analisa de forma comparativa o pré-teste e o pós-teste dos conceitos da física. Na questão 2, (Tabela 11) os resultados são satisfatórios, visto que houve 99% de certo e 1% de meio certo, (APÊNDICE A, Figura 2),

cujas respostas deixam evidentes o fato científico proposto para ser respondido, conforme pontua Nussenzveig (2014, p. 217) o qual afirma que “o calor  $Q$  representa a energia transferida entre o sistema e sua vizinhança através de uma parede diatérmica, em virtude de diferenças de temperatura, descontando-se a eventual transferência de trabalho”.

**Tabela 11: Questão 2 - Pós-teste**

<p><b>Questão 2.</b> É sabido que podemos conhecer a temperatura dos objetos à nossa volta usando-se um dos nossos cinco sentidos, no caso: o tato. Assim, ao segurarmos uma pedrinha de gelo chegaremos à conclusão de que a pedrinha está gelada. Nesta situação é o calor que passa da nossa mão para a pedrinha de gelo ou é o contrário: é o calor da pedrinha de gelo que para a nossa mão? Explique o que você entende sobre isso:</p>	
<b>CATEGORIAS</b>	<b>RESPOSTAS DOS ALUNOS NO PÓS -TESTE</b>
<b>CERTO</b>	<p>R1. É a energia da nossa mão que passará para o objeto, pois o objeto está com baixa temperatura e a mão com uma temperatura alta. Colocando a mão em contato com a pedrinha de gelo vai haver uma transferência de energia térmica da nossa mão pra a pedrinha de gelo.</p> <p>R2. É o calor da nossa mão que irá passar para a pedrinha de gelo, porque a temperatura da mão é maior que a temperatura do gelo.</p> <p>R3. Ao colocarmos a mão em contato com a pedrinha de gelo ocorrerá uma transferência de energia térmica da mão para a pedrinha de gelo, porque a mão tem uma temperatura maior que a temperatura do gelo.</p>
<b>MEIO CERTA</b>	R1. É o calor da nossa mão que passará para a pedrinha de gelo, fazendo o mesmo derreter.
<b>ERRADO</b>	Nenhum aluno respondeu errado
<b>NÃO SOUBE</b>	Nenhum aluno deixou de responder

No contexto das aulas invertidas foram envolvidas experiências que demonstrassem a temperatura de corpos em contexto cotidiano, visando a realidade dos estudantes, a fim de que eles superassem as dúvidas que dificultam os entendimentos dos conceitos referentes à termodinâmica. Essa visão, analisa-se como resultado de conhecimento satisfatório dos aprendizes, posto que a BNCC infere que:

os estudantes aprofundem e ampliem suas reflexões a respeito dos contextos de produção e aplicação do conhecimento científico e tecnológico, as competências específicas e habilidades propostas para o Ensino Médio exploram situações-problema envolvendo melhoria da qualidade de vida, segurança, sustentabilidade, diversidade étnica e cultural, entre outras. (BNCC p.550)

O desenvolvimento das habilidades dos estudantes ficou evidente, após a realização

das atividades em aula dinâmicas, com a participação vivenciada que estão comprovadas com 91% de certo e 9% de meio certo (APÊNDICE A) da questão 3 do pós-teste, em cujas respostas eles descrevem com domínio de conhecimento o processo de condução do calor em situação contextualizada, como pode ser evidenciada na **Tabela 12**.

**Tabela 12: Questão 3 - Pós-teste**

Questão 3. Em regiões frias é comum que dentro das casas tenha uma lareira. Uma vez acesa, a lareira cumpre o papel de aquecer o ambiente e tornar a temperatura do lar mais agradável, especialmente para as crianças e idosos. Explique como o calor da chama da lareira é capaz de aquecer o meio ambiente e, por conseguinte, as pessoas próximas.	
CATEGORIAS	RESPOSTAS DOS ALUNOS NO PÓS TESTE
CERTO	R1. É pelo processo de transmissão de calor por condução, pois a lareira aquece as moléculas do ar e consequentemente o ambiente, aquecendo assim as pessoas próximas. R2. A lareira aquece o ar e com isso as pessoas próximas, esse processo de transmissão de calor é condução. R3. A lareira começa a transmitir calor para as moléculas do ar aquecendo o ambiente, tornando a temperatura agradável para as crianças e idosos.
MEIO CERTO	R1. A lareira transfere calor para o ambiente tornando ele agradável. R2. A transmissão de calor que ocorre nesta situação é a condução, a qual precisa de um meio (partículas) para se propagar. R3. A temperatura fica agradável porque a lareira transfere energia para o ambiente.
ERRADO	Nenhum aluno respondeu errado
NÃO SOUBER RESPONDER	Nenhum aluno deixou de responder.

As descrições dos aprendizes dão conta de que os conhecimentos apresentados por eles estão nas propostas da BNCC no que se refere à Ciência da Natureza, a qual dispõe que “os conhecimentos conceituais associados a essas temáticas constituem uma base que permite aos estudantes investigar, analisar e discutir situações-problema que emergem de diferentes contextos socioculturais, além de compreender e interpretar leis, teorias e modelos, aplicando-os na resolução de problemas individuais, sociais e ambientais. (BRASIL, 2018, p.548)

Esse é um aspecto fundamental a ser desenvolvido em qualquer sala de aula, que é altamente eficaz, visto que possibilita sair da rotina da aula expositiva, o que permite que os alunos podem executar a busca do conhecimento sem necessidade de muita explicação por parte do(a) professora(a), necessitando apenas orientações objetivas deste. Por esta proposta, as respostas da questão 4, na tabela 13 indicam um resultado satisfatório quando ao desenvolvimento das habilidades específicas referente aos conceitos da Termodinâmica no que diz respeito à condução do calor, visto que apresenta 94% certa, 6% meio certo, não há respostas erradas (APÊNDICE A).

**Tabela 13: Questão 4 - Pós-teste**

Questão 4. Você já observou que as colheres de metal ao serem utilizadas para fazer comida se aquecem ao entrar em contato com os alimentos aquecidos na panela. No entanto, esse aquecimento não é imediato, leva um tempo, até chegar ao ponto de o cozinheiro não conseguir segurá-la. Explique como o calor se transfere pela colher:	
CATEGORIAS	RESPOSTAS DOS ALUNOS NO PÓS TESTE
CERTO	R1. Na condução do calor, a energia se propaga a partir da agitação das moléculas ao longo da colher de metal, a qual é boa condutora de calor.  R2. O metal é um ótimo condutor de calor, quando a colher de metal entra em contato com os alimentos aquecidos, há uma transferência de calor, a qual é conduzida pelas moléculas do metal, fazendo com que o cozinheiro não consiga segurá-la.  R3. Acontece pela condução térmica das partículas da colher de metal, quando ela é colocada em contato com os alimentos aquecidos.
MEIO CERTO	R1. É pela condução térmica e também porque o metal é um bom condutor de energia. R2. É pela condução térmica, que expande o calor absorvido dos alimentos aquecidos para colher inteira. R3. Os materiais de metais são bons condutores de calor, por isso as colheres aquecem em contato com a panela quente.
ERRADO	Nenhum aluno respondeu errado
NÃO SOUBE RESPONDER	Nenhum aluno deixou de responder.

Nessa perspectiva os alunos percebem que a transferência por condução de calor é um fenômeno típico dos sólidos, nos quais as moléculas ou os átomos que o compõem estão próximos e a agitação de uma passa como mais facilidade para a seguinte “Esse modo de transmissão de calor é chamado de condução” como afirma Hewitt (2019, p.303), posto que:

o fogo faz os átomos da extremidade aquecida moverem-se cada vez mais rapidamente. Por consequência, esses átomos e elétrons livres colidem com seus vizinhos e assim por diante. O que é mais importante, os elétrons livres, capazes de se mover dentro do metal, são chacoalhados e transferem energia para o material por meio de colisões com os átomos e outros elétrons livres do mesmo (HEWITT, 2019, p.303)

Entretanto, é fundamental que se verificasse se o fenômeno da condução era igual em todos os sólidos. Referentes estes aspectos, os estudantes realizaram experiências nas sequências das aulas invertidas. Nestes puderam comprovar que há sólidos que são maus condutores de calor, como indica Hewitt “Os maus condutores são denominados isolantes. Diferentemente dos elétrons dos metais, os elétrons mais externos dos átomos desses isolantes se encontram firmemente presos”. Assim pode-se comprovar nos exemplos de bons isolantes térmicos a madeira, palha, papel, cortiça e isopor, entre outros com características semelhantes (2019, p.303). Sobre este fato na tabela 14, referente ao pós-teste, no que concerne à questão 5,

vê-se que 97% deram a resposta certa e 3% meio certa (APÊNDICE A), desse modo os estudantes demonstraram haver assimilado o conhecimento.

**Tabela 14: Questão 5 - Pós-teste**

Questão 5. Ainda pensando na situação acima, explique: por que o mesmo não acontece com uma colher de madeira e/ou de silicone?	
CATEGORIAS	RESPOSTAS DOS ALUNOS DO PÓS TESTE
CERTO	R1. Porque tanto a madeira quanto o silicone são isolantes térmicos, assim impedem que haja troca de calor com a mão do cozinheiro, facilitando a sua vida. R2. Porque esses materiais isolam o calor, impedindo de o calor se propagar até a mão do cozinheiro. R3. O aquecimento não ocorre porque a madeira e o silicone não são bons condutores térmicos. Como são isolantes térmicos, eles reduzem a entrada e a saída de calor.
MEIO CERTO	R1. Porque são isolantes térmicos. R2. Porque não são condutores de calor.
ERRADO	Nenhum aluno respondeu errado
NÃO SOUBE RESPONDER	Nenhum aluno deixou de responder.

Os dados do pós-teste demonstram um jeito especialmente eficiente de demonstrar o aprendizado dos discentes, porque, como preconiza a BNCC, “a elaboração, a interpretação e a aplicação de modelos explicativos para fenômenos naturais e sistemas tecnológicos são aspectos fundamentais do fazer científico, bem como a identificação de regularidades, invariantes e transformações” (BRASIL, 2018, p.548).

À proporção que os estudantes iam desenvolvendo as atividades didáticas, iam também explorando as situações do processo dos conceitos da temperatura e calor. No pós-teste, cujos resultados da **questão 6**, de 99% resposta **certo**, e 1% de **meio certo** (APÊNDICE A) pode ser comprovado que as habilidades específicas (**EM13CNT205**)“interpretar resultados e realizar previsões sobre atividades experimentais, fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas noções de probabilidade e incertezas, reconhecendo os limites explicativos das ciências (BRASIL, 2018).

**Tabela 15: Questão 6 - Pós-teste**

Questão 6. Explique por que o congelador fica sempre na parte de cima das geladeiras?	
CATEGORIAS	RESPOSTAS DOS ALUNOS NO PÓS TESTE
CERTO	R1. É porque o ar frio é mais denso e, portanto, tem a tendência de descer e o menos frio sobe, estabelecendo a circulação do ar no interior da geladeira. R2. É por causa da corrente de convecção, pois o ar mais frio por possuir uma temperatura mais baixa se torna mais denso, fator que o faz descer, e o ar com temperatura mais elevada, se torna menos denso, que o faz subir, formando uma corrente de convecção capaz de refrigerar o interior da geladeira.

	R3. O congelador fica na parte de cima porque as moléculas próximas ao congelador, são refrigeradas tornando-se mais densa, fazendo ela descer e as moléculas que estão na parte de baixo no interior da geladeira por se encontrarem com uma temperatura maior ficam menos densa e sobem ocasionando uma circulação do ar, chamada corrente de convecção.
MEIO CERTO	R1. Porque no interior da geladeira o ar frio próximo do congelador desce e o ar quente debaixo sobe.
ERRADO	Nenhum aluno respondeu errado
NÃO SOUBE RESPONDER	Nenhum aluno deixou de responder.

Pela exposição escrita dos estudantes, ficou evidente que já haviam adquirido o domínio conceitual que Knight apresenta sobre a ocorrência do fenômeno constante no processo de refrigeração na geladeira, “essa transferência de energia térmica através do movimento de um fluido é chamada de convecção (KNIGHT, p. 531 2009).

O enfoque dado ao objeto do conhecimento que foi proposto na questão 7 está relacionado com o processo da convecção, situação que foi percebida pelos estudantes, os quais responderam 93% de certo e 7% de meio certo, demonstrando que tinham percebido a realidade presente nos princípios da Física.

**Tabela 16: Questão 7 - Pós-teste**

<u>Questão 7.</u> Pensando na situação acima ( <b>Questão 6</b> ), escreva por que é um erro instalar os aparelhos de ar-condicionado na parte de baixo de uma parede de casas/prédios?	
CATEGORIAS	RESPOSTAS DOS ALUNOS NO PÓS TESTE
CERTO	R1. Porque não ia resfriar o ambiente todo por ar está localizado na parte de baixo, pois a corrente de convecção só ia acontecer da parte de onde o ar condicionado está localizado pra baixo.  R2. A parte do ambiente acima do ar condicionado iam ficar quente pois só ia haver corrente de convecção na parte de baixo, onde o ar condicionado estava instalado.  R3. Porque não ia refrigerar o ambiente todo, pois as moléculas do ar não iam ser refrigeradas, para poder descer e resfriar o ambiente, ou seja, não haveria corrente de convecção a cima do ar condicionado, tornando o ambiente numa temperatura não agradável.
MEIO CERTO	R1. Porque não ia refrigerar o ambiente todo, por conta desse erro de instalação.  R2. Porque assim como o congelador o ar condicionado tem que ser colocado na parte de cima para poder refrigerar o ambiente todo.  R3. Porque a circulação do ar frio só vai acontecer na parte de baixo do ar condicionado.
ERRADO	Nenhum aluno respondeu errado.
NÃO SOUBE RESPONDER	Nenhum aluno deixou de responder.

As respostas dos estudantes, referentes às questões 6 e 7 apontam que eles compreenderam o fenômeno físico da convecção como a transferência de energia que se dá por deslocamento de massa nos líquidos e nos gases. Isto, também, significa que qualquer aprendizagem deve partir de situações da realidade dos alunos, ou de algo que eles possam entender como componente da realidade.

Nessa perspectiva, as situações que são motivadoras, interessando aos aprendizes conhecê-las melhor, e que coloca problemas de conhecimento ou de resolução. Por outro lado, é a partir da necessidade de responder às questões que a realidade lhes coloca que se torna imprescindível as contribuições das diferentes áreas do conhecimento. Desse modo a **questão 8**, na **Tabela 17**, traz uma síntese desse aspecto nas respostas dos estudantes (93% certo e 7% meio certo – APÊNDICE A, Figura 2).

**Tabela 17: Questão 8 - Pós-teste**

<b>Questão 8.</b> Em um dia ensolarado, o que tem em comum entre: a formação de nuvens, a subida de um balão e a planagem dos pássaros? Explique o que você entendeu sobre isto:	
<b>CATEGORIAS</b>	<b>RESPOSTAS DOS ALUNOS NO PÓS TESTE</b>
<b>CERTO</b>	<p>R1. É o ar, pois para haver formação de nuvens o tem que haver a evaporação dos rios, das águas, etc, já o balão ele precisa de ar quente para poder subir, pois quando o ar quente fica menos denso e isso faz o balão subir, agora para a os pássaros planar elas precisam de ar, pois as aves têm bolsas de ar chamadas de saco aéreo, que ajudam a dar leveza.</p> <p>R2.O que eles têm em comum é que para haver a formação de nuvens, a subida de um balão e a planagem dos pássaros têm que haver correntes de convecção da atmosfera, para subir precisam do ar quente e para descer o ar frio, ambos causados pela densidade.</p> <p>R3. É a corrente de convecção que forma as brisas, as quais se formam em dias ensolarados a qual a temperatura está mais elevada tornando o ar menos denso fazendo ocorrer a evaporação a qual contribui na formação de nuvens, na subida dos balões e na planagem dos pássaros.</p>
<b>MEIO CERTO</b>	<p>R1. O que essas três situações têm em comum é o ar quente e o ar frio, que os faz subir e descer.</p> <p>R2. O que eles têm em comum é a circulação do ar que são as correntes de convecção.</p> <p>R3. Essas três situações precisam da convecção térmica que ocorre nos fluidos, líquidos e gases.</p>
<b>ERRADO</b>	Nenhum aluno respondeu errado
<b>NÃO SOUBE RESPONDER</b>	Nenhum aluno deixou de responder

O conhecimento dominado pelos estudantes sobre a **questão 8** tem a ver com a percepção que eles identificaram de que “a convecção ocorre sempre que fluidos estão submetidos a temperaturas diferentes. Ela é responsável pelas nuvens do céu e contribuiu para as correntes oceânicas de águas profundas” (HEWITT, 2019, p.306). Assim, fica mais uma vez evidente que as atividades da sequência didática como prática de Metodologia ativa possibilitam aprendizagem significativa.

Contudo, os estudos realizados a partir da aplicação da aula invertida buscavam comprovar que a escola não está alheia à evolução dos saberes e das formas de ver o mundo. Nesse sentido o pós-teste traz em seu bojo a situação da **questão 9** com resultados positivos apresentados pelos estudantes, posto que 90% responderam **certo** e 10% **meio certo**, a qual apresenta a conceituação de que “a energia radiante está na forma de ondas eletromagnéticas”. Isso inclui as ondas de rádio, as micro-ondas, a radiação infravermelha a luz visível, a radiação ultravioleta, os raios X e os raios gama” (HEWITT, 2019, p.307). Esta proposta objetivava estimular conhecimentos conceituais mais aprofundados nos aprendizes, os quais conseguiram descrever sua visão, com qualidade de saber, como pode ser visto na **Tabela 18**.

**Tabela 18: Questão 9 - Pós-teste**

<b>Questão 9.</b> Quando você ouve as palavras radiação e irradiação, o que te vem à cabeça? Será que elas significam a mesma coisa? Explique o que você entende sobre isso:	
CATEGORIAS	RESPOSTAS DOS ALUNOS NO PÓS TESTE.
CERTO	<p>R1. Não são a mesma coisa, pois a irradiação é a exposição a radiação, já a radiação é a transmissão de energia através do espaço, por exemplo o sol emite radiação e nós estamos expostos a radiação solar (irradiação).</p> <p>R2. Elas não significam a mesma coisa, pois a radiação é um processo de propagação de calor que se caracteriza pelo transporte de energia por meio de ondas eletromagnéticas, os quais ocorrem tanto no vácuo, quanto em meios materiais e a irradiação é a exposição a radiação do sol, do raio x, do micro-ondas, ultra som, etc.</p> <p>R3. A radiação é a transmissão de energia através do do espaço, já irradiação é exposição à radiação.</p>
	<p>R1. Não significam a mesma coisa. A radiação é a propagação de calor por ondas eletromagnéticas.</p> <p>R2. Não é a mesma coisa. A radiação é a transmissão de energia no espaço.</p> <p>R3. Radiação térmica é o transporte de energia, por meio de ondas eletromagnéticas.</p>
ERRADO	Nenhum aluno respondeu errado.
NÃO SOUBE RESPONDER	Nenhum aluno deixou de responder

Pela abordagem discutida sobre o pós-teste pretende sustentar a tendência educativa proposta para conhecimentos significativos a partir de desenvolvimento de habilidades e competências dos estudantes pelos processos e práticas de investigação preconizado na BNCC como pode ser conhecido que afirma:

A dimensão investigativa das Ciências da Natureza deve ser enfatizada no Ensino Médio, aproximando os estudantes dos procedimentos e instrumentos de investigação, tais como: identificar problemas, formular questões, identificar informações ou variáveis relevantes, propor e testar hipóteses, elaborar argumentos e explicações, escolher e utilizar instrumentos de medida, planejar e realizar atividades experimentais e pesquisas de campo, relatar, avaliar e comunicar conclusões e desenvolver ações de intervenção, a partir da análise de dados e informações sobre as temáticas da área. (BNCC - BRASIL, p.550)

Portanto os dados apresentados nesta seção trazem a indicação da importância de uma mudança fundamental na concepção sobre a função social do ensino e, como consequência, de suas finalidades educativas seja qual for a área do conhecimento, a fim de que os estudantes tenham o seu percurso formativo preparando-os para que sejam os protagonistas na construção do próprio conhecimento que lhe servirá para a vida em sociedade.

## **CAPÍTULO 5 - CARTILHA VOLTADA AO ENSINO DE TEMPERATURA, CALOR E MUDANÇA DE ESTADO: UMA PROPOSTA PEDAGÓGICA**

Apresentamos nesta cartilha uma proposição de ensino e aprendizagem conceitual, usando o modelo da sala de aula invertida (SAI), a qual foi implementada e testada em sala de aula, apresentando um resultado significativo do conteúdo abordado. Isso nos mostra de fato que o modelo aplicado contribui para mitigar os problemas de aprendizagem conceitual em Termodinâmica Básica, que foi usado como amostragem neste produto.

A cartilha é uma proposta de ensino da física, a partir da pesquisa realizada no Mestrado Nacional Profissional em Ensino da Física (MNPEF), com os estudantes do 2º ano do Ensino Médio realizado no 2º semestre de 2021, e deriva da nossa preocupação em procurar ensinar os conceitos físicos em termodinâmica básica através de uma metodologia ativa de aprendizagem usando o modelo sala de aula invertida para minimizar as dificuldades conceituais de temperatura, calor e mudança de estado.

Procuramos nesta cartilha, abordar tais conceitos, usando uma linguagem acessível, ancorada em situações problemas, com aplicação de experimentos simples e discussões em grupo, referente a um assunto real e presente no dia a dia dos estudantes com o objetivo de reforçar a aprendizagem dos alunos em relação aos conceitos básicos da termodinâmica, utilizando uma sequência didática organizada de acordo com os objetivos que o professor quer alcançar.

Esta cartilha está voltada aos docentes de física, para auxiliá-los no que se refere ao ensino e aprendizagem dos estudantes usando a aplicação de um modelo de Sala de Aula Invertida (SAI) – podendo ser usado para diversificar o ensino híbrido, como foi o caso aqui – para trabalhar os conceitos de temperatura, calor e mudança de estado.

A proposta que se apresenta fundamenta-se em dois referenciais: a sala de aula invertida, com Bergmann e Sams (2018), e, a sequência didática com Zaballa (1998).

Como será visto, trata-se do produto, que é uma cartilha, voltada para auxiliar a atividade didática e pedagógica do professor com o intuito de ensinar os conceitos iniciais de termodinâmica, em específico: a temperatura, o calor e a mudança de estado.

No que concerne à física, esses assuntos acima delimitam o horizonte de aplicação da cartilha proposta, porém, do ponto de vista pedagógico, a cartilha é maleável e pode ser

adaptada para diferentes assuntos, na física, e em diferentes disciplinas e contextos educacionais.

Antes da apresentação do produto propriamente dito, há uma situação muito particular que importa ressaltar: o contexto educacional e social em que esse produto foi planejado e desenvolvido. É sobre isso que se fala em seguida.

### **5.1 A gênese do produto**

Com a suspensão das aulas presenciais por decreto Estadual (e Municipal), por conta da COVID 19, o contato com os estudantes foi perdido; mas a responsabilidade e o dever de ensiná-los e educá-los manteve-se de pé.

Naquele momento, a única solução para que os alunos não ficassem sem aula e completamente desamparados foi o investimento em vídeo-aulas prontas, no YouTube, ou o(a) professor(a) gravaria suas próprias vídeo-aulas para encaminhar posteriormente para a turma, ou, fazia as lives (aulas remotas). E em última instância o estudo dirigido.

A qualidade da internet e, sobretudo, os pacotes de internet que os alunos possuíam, inviabilizaram as videoaulas. Após algum tempo à procura de uma solução viável na prática, chegou-se à conclusão de que os(as) professores(as) do município de Parintins deveriam acessar os alunos por meio de grupos no WhatsApp.

Não é difícil concluir que movimentar uma aula por meio desse aplicativo não é nada funcional e agradável, mas as aulas remotas das escolas Estaduais do Município de Parintins foram ministradas dessa forma, por meio de áudios gravados contendo as explicações dos conteúdos, que em geral tinha uma sequência de atividades: abertura da aula pelo professor, leitura do livro texto (printava-se a página da aula do dia e as inseria no Grupo do WhatsApp); link de videoaulas, e esperava-se um tempo até que os alunos lessem e os que tivessem internet assistissem as referidas videoaulas do YOU TUBE, para em seguida explicar os conteúdos em áudios.

Em observância a possibilidade do uso do áudio, como recurso tecnológico mais leve que um vídeo, e sabendo que o instrumento principal para fomentar os conceitos e explicar os fenômenos físicos seria a voz, daí nasceu a ideia de utilizar o podcast como recurso/instrumento didático para ser utilizado neste contexto, mas faltava otimizar o momento das aulas presenciais para torná-las um momento de ação, para o alunado.

Foi dessa percepção que surgiu a ideia, de o aluno ter contato com objeto de conhecimento que são os conceitos básicos da termodinâmica: temperatura, calor e mudança de estado pelo *podcast* no grupo de WhatsApp, quando estivesse e sua residência, posteriormente na sala de aula executaria os experimentos simples, pois a realização desses experimentos teria maior potencial de favorecer a ação dos alunos. Então percebemos, que essa característica iria ao encontro do que vem a ser o modelo de ensino da sala de aula invertida (SAI).

A Partir dessas premissas surgiu proposta de usar o modelo da sala de aula invertida para ensinar os conceitos iniciais da termodinâmica através de uma metodologia ativa para melhorar o ensino e aprendizagem dos estudantes do 2º ano do Ensino Médio.

## **5.2 Sala de aula invertida como modelo de ensino**

A sequência didática cobre cinco aulas sobre os fundamentos da termodinâmica. Na primeira aula será discutido os conceitos de calor e temperatura. Na segunda e na terceira, os processos de transmissão de calor, na quarta às mudanças do estado físico da matéria e, por fim, abre-se para o grupo de discussão.

Ressalta-se aqui que a organização planejada foi desenvolvida em fases, posto que: “a identificação das fases de uma seqüência didática, as atividades que a conforma e as relações que se estabelecem devem nos servir para compreender o valor educacional que têm, as razões que as justificam e a necessidade de introduzir mudanças ou atividades novas que a melhorem” (ZABALA, 1998, p 54-55).

Assim indica-se nas seguintes fases que compõem a cartilha:

- a) Comunicação do objeto do conhecimento em *podcast* encaminhado via WhatsApp;
- b) Estudo individual com aprofundamento recomendado antes de ir para aula presencial;
- c) Em sala de aula, ou laboratório de ciências, realizar experimentos simples, em grupo de alunos, a partir de orientação escrita, quando os alunos fazem a relação, na prática, com o conhecimento estudado anteriormente.
- d) Apresentação de uma questão de cada experimento realizado sobre o conteúdo estudado no *podcast*, para ser respondido escrito pelo estudante indevidamente, o qual se analisa para verificar a aprendizagem do conteúdo em pauta.
- e) Um momento de ampla discussão em sala de aula, a partir de tema-problema, quando o professor avalia a aprendizagem que o estudante apresenta oralmente, referente ao objeto de conhecimento que fez o aprofundamento desde o estudo antes de chegar em sala de aula.

Nesta proposta, antes de iniciar a sequência de atividades, recomenda-se aplicar um pré-teste (teste diagnóstico em forma de questionário) (Apêndice A), cujo objetivo é diagnosticar a compreensão dos alunos acerca dos conceitos de calor e temperatura. Tendo ciência deste conhecimento prévio, o professor pode dirigir seus esforços para as questões mais urgentes que os alunos apresentam como maior dificuldade.

Para não recrutar obrigatoriamente uma aula presencial aponta-se que pode se trabalhar com os formulários do Pré-Teste e Pós-Teste por meio eletrônico em *podcast*, compartilhando em grupo de WhatsApp, no Google (Google Forms), e impressos e enviados com antecedência para o alunado, não devendo descartar essas alternativas distintas.

Lembrando, aqui, que as aulas seguem o modelo da Sala de Aula Invertida. O podcast é o recurso empregado para inverter a sala de aula. Na aula presencial (ensino híbrido), será o momento de ação, onde usar-se-á os experimentos e, depois, aplicar-se-á um trabalho de pesquisa para reforçar a aprendizagem. Todos os conteúdos abordados na sequência didática seguem as três etapas da sala de aula invertida, conforme o esquema abaixo.

O processo educativo contemporâneo vem buscando e implementando formas metodológicas que motivem o aluno a se empenhar para alcançar uma aprendizagem significativa, a partir de vivência com materiais do seu cotidiano. Nesse contexto, várias propostas vêm sendo experimentadas para envolver o estudante com o conhecimento que precisa adquirir para sua formação integral. É nessa perspectiva que este produto didático apresenta a proposta do modelo Sala de Aula Invertida a partir do envolvimento das Metodologias ativas, seguindo o que mostra a **Figura 11**.



**Figura 11: Etapas da Sala de Aula Invertida – SAI**

O conteúdo utilizado como amostragem do modelo SAI é o objeto de conhecimento do Componente curricular Física no Ensino Médio, denominado Termodinâmica básica, para o aprendizado conceitual de temperatura, calor e mudança de estado. Assim, apresenta-se as três aulas com suas respectivas sequências de atividades.

Para inverter a sala de aula e iniciar o assunto, disponibilizamos um podcast, de produção própria: (<https://anchor.fm/naina-bezerra-pacheco/episodes/Aula-1-Temperatura-e-Calor-e110uuq>), abordando o assunto em pauta. Além do podcast, direcionamos a leitura do capítulo relativo ao assunto, do livro texto de física, utilizado pela escola. Ao retornar os alunos desenvolvem cinco experimentos, que são indicados abaixo, atuando em pequenos grupos, utilizando os EPIs (Equipamento de proteção individual) apropriados para o desenvolvimento das atividades.

### **5.3 Calor e temperatura (1 aula presencial)**

Objetos de aprendizagem: Temperatura e o Calor.

Objetivos de aprendizagem:

1. Definir o que é temperatura;
2. Definir o que é calor;
3. Problematizar essas definições por meio de situações do cotidiano, para estabelecer, com precisão, a diferença entre ambos.

Como já foi dito, na sala de aula é um momento de trabalho, de ação, de aprender fazendo. Para tanto, a turma foi dividida em grupos para realizar os seguintes experimentos descritos mais à frente. Sugere-se que os experimentos sejam momentos oportunos para o aluno se expressar, questionar, fazer observações, e responder as questões referente ao assunto inerente ao podcast. Em adição, espera-se que ao final desses experimentos o aluno seja capaz de:

- Aplicar os conceitos de temperatura e calor de forma clara e precisa nas questões propostas.
- Identificar os fenômenos relacionados a temperatura e calor no seu dia a dia.

#### **EXPERIÊNCIA I: Sensação térmica pelo tato**

Toque com a mão nos materiais enumerados no quadro e na Figura abaixo e diga qual a sensação térmica assinalando na tabela quente ou frio.

<b>Material</b>	<b>Quente</b>	<b>Frio</b>
Colher de metal		
Madeira		
Descanso da bicicleta (alumínio)		
Agasalho		
Copo de vidro com água quente		
Garrafinha com gelo		
Seixo		
Vela acesa		
Copo de plástico		
Copo de alumínio		



**Figura 12. Materiais da Experiência I: Temperatura e Calor**



**Figura 13. Execução da Experiência I: Temperatura e Calor**

Ao final da participação dos estudantes, faz-se a Questão 1: Por que o tato não é um meio confiável para a aferição precisa da temperatura? Então aguarda-se que os alunos respondam por escrito, demonstrando sua percepção.

### **EXPERIÊNCIA II Medição de temperatura.com o instrumento termômetro.**

Materiais: Termômetro de mercúrio de 0 °C a 100 °C, água quente, copo de vidro, garrafinha com gelo.



**Figura 14. Materiais da Experiência II – Temperatura e calor**

1º Passo: Colocar o termômetro na garrafinha com gelo e observar o que acontece com o termômetro.

2º Passo: Colocar o termômetro no copo de vidro com água quente e observar o que acontece com o termômetro.

3º Passo: Observar o que acontece com cada termômetro e faça suas anotações.



**Figura 15: Execução da Experiência II: Temperatura e Calor**

**Questão 2:** Com base na aula de temperatura e calor, explique fisicamente o que ocorreu com o termômetro colocado em contato com a água quente e com o termômetro colocado em contato com o gelo.

**EXPERIÊNCIA III Diferença de temperatura.**



**Figura 16: Material - Termômetro Digital.**

1º Passo: Anotar a medição da temperatura corporal do aluno sentado dentro da sala de aula e do meio ambiente.

2º Passo: Anotar a medição da temperatura corporal do aluno fora da sala de aula, após ter se movimentado e do meio ambiente.



**Figura 17: Execução da Experiência III**

**Questão 3:** Explique por que houve uma variação da temperatura corporal e do meio ambiente?

## EXPERIÊNCIA IV .Transporte de energia.

Materiais: Colher de metal, vela e acendedor ou fósforo.



Figura 18: Materiais da Experiência IV

1º Passo: Coloque a colher de metal em contato com a vela acesa.

2º Passo: Aguarde uns minutinhos e verifique o que aconteceu com a colher de metal.

3º Passo: Faça suas anotações.



Figura 19: Execução da Experiência IV

**Questão 4:** O que ocorreu com a colher de metal, ao ser colocada em contato com a vela acesa?

Explique sua resposta.

## **EXPERIÊNCIA V Definição da energia térmica.**

Materiais: Garrafa com gelo, termômetro digital, termômetro de mercúrio com escala de 0 °C a 100 °C.



**Figura 20: Materiais da Experiência V**

1º Passo: Meça a sua temperatura corporal com termômetro digital e anote.

2º Passo: Meça a temperatura da garrafinha com gelo e anote.

3º Passo: Segure a garrafinha com gelo por alguns minutos.



**Figura 21: Execução da Experiência V**

**Questão 5:** Nesta situação é o calor que passa da nossa mão para a garrafinha de gelo ou é o

contrário: é o calor da garrafinha de gelo que para a nossa mão? Explique a sua resposta.

Para o segundo conteúdo propõe-se realizar cinco experimentos, os quais têm a finalidade de aprofundar os conhecimentos previamente encaminhados para os estudantes.

#### **5.4 Processos de transmissão de calor (2 aulas presenciais)**

- Objetos de aprendizagem: São os processos de transmissão de calor: condução, convecção e radiação.
- Objetivos de aprendizagem:
  - Definir o que é condução térmica;
  - Definir o que é convecção térmica;
  - Definir o que é a radiação térmica;
- Problematizar os conceitos acima, ensejando estabelecer as aproximações e diferenças entre eles, à luz de situações concretas do dia a dia.
- Inverte-se a sala de aula com um podcast relativo ao conteúdo em tela (<https://anchor.fm/naina-bezerra-pacheco/episodes/Aula-2-Processos-de-Transmisso-de-Calor-e1452he>) e, durante as aulas presenciais, trabalha-se com os experimentos sobre transmissão de calor: condução, convecção e radiação. Para tanto, separa-se a turma em pequenos grupos para realizarem cinco experimentos simples, direcionando sempre os alunos a anotarem o que observaram.
- Nestes experimentos usar-se-á os seguintes instrumentos: vela, colher de metal, agasalho, materiais de metais, plásticos, madeira, silicone, fogareiro a gás, panela de alumínio, ar condicionado da sala de aula ou do laboratório de ciências, ferro de passar chapinha de cabelo. Usou-se os EPIs (Equipamento de proteção individual) necessários para a segurança dos estudantes.
- Em seguidas tem-se o roteiro das experiências com as questões propostas a serem respondidas e depois analisadas para verificação da aprendizagem conceitual. Ao final de cada experiência espera-se que o aluno seja capaz de:
  - Identificar o gatilho que dispara os processos de transmissão de calor supramencionados;
  - Qualificar, com precisão, cada um desses processos;

- Identificar que esses processos não acontecem igualmente em objetos feitos com materiais diferentes.

### **EXPERIÊNCIA I Diferença entre isolante e condutor térmico**

Observe os materiais da tabela abaixo e diga se é isolante, ou condutor térmico.



**Figura 22:** Materiais da Experiência I – Transmissão de calor

<b>Material</b>	<b>Isolante</b>	<b>Condutor</b>
Colher de metal		
Madeira		
Descanso da bicicleta (alumínio)		
Agasalho		
Caixinha de isopor		
Concha de silicone		
Espeto de churrasco		
Placa de chapinha		
Copo de plástico		
Copo de alumínio		



**Figura 23: Execução da experiência I – Transmissão de calor**

**Questão 1:** Diga, qual a diferença entre isolante térmico e condutor térmico?

### **EXPERIÊNCIA II Corrente de convecção.**

Material: Ar-condicionado da sala de aula.



**Figura 24: Material da Experiência II**

**Questão 2:** Com base na aula de processos de transmissão de calor, explique fisicamente como ocorre esse processo de convecção, na sala de aula, que é climatizada devido ao ar-condicionado?

### **EXPERIÊNCIA III Transmissão de calor por convecção.**

Materiais: Panela de alumínio, fogareiro a gás, fósforo ou acendedor, e água.



**Figura 25:** Materiais da Experiência III – Transmissão de calor

1º Passo: Coloque a panela com água em contato com o fogo.

2º Passo: Observe o que acontece com a panela e com a água dentro da panela.

3º Passo: Faça as suas anotações.



**Figura 26:** Execução da experiência III – Transmissão de calor

**Questão 3:** Com base no que você observou, explique o processo de transmissão de calor que ocorreu com água quando começou a ferver?

#### **EXPERIÊNCIA IV. Transmissão de calor por condução.**

Materiais: Colher de metal, copo de metal, vela e acendedor ou fósforo.



**Figura 27:** Materiais da Experiência IV - Transmissão de calor

1º Passo: Coloque a colher ou copo de metal em contato com a vela acesa.

2º Passo: Aguarde uns minutinhos e verifique o que aconteceu com a colher de metal.

3º Passo: Faça suas anotações.



**Figura 28:** Execução da experiência IV - Transmissão de calor

**Questão 4:** Qual o processo de transmissão de calor identificado na experiência? Por que? Explique sua resposta.

## **EXPERIÊNCIA V Transmissão de calor por radiação**

Materiais: Chapinha de cabelo, ferro de passar e lâmpada incandescente



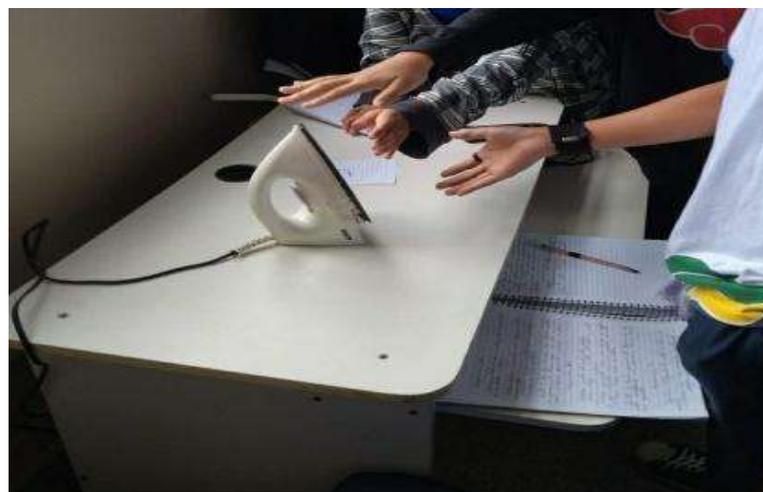
**Figura 29:** Materiais da Experiência V - Transmissão de calor

1º Passo: Ligue a chapinha na tomada e deixe por alguns minutos.

2º Passo: Ligue o ferro de passar roupas e deixe por alguns minutos.

3º Passo: Aproxime a mão da placa metálica da chapinha e do ferro de passar

4º Passo: Observe o que ocorre com a sua mão quando você aproxima das placas metálicas.



**Figura 30:** Execução da experiência V - Transmissão de calor

**Questão 5:** Nesta situação, qual é o processo de transmissão de calor que está ocorrendo quando sua mão se aproxima das placas metálicas? Explique sua resposta.

Na terceira aula envolve-se os estudantes em quatro experimentos, indicados a seguir.

### **5.5 Mudanças de estado físico da matéria (1 aula presencial)**

- Objeto de aprendizagem: São as mudanças dos estados físicos da matéria: fusão, solidificação, vaporização, condensação.
- Objetivo de aprendizagem:
- Definir os estados físicos da matéria.
- Verificar a influência da temperatura nas transformações dos estados físicos da matéria.
- Explicar mudanças de estado físico em diferentes situações cotidianas.
- Inverte a aula com o podcast inerente ao assunto em questão (<https://anchor.fm/naina-bezerra-pacheco/episodes/Aula3Mudana-de-Estado-eou-Fase-e19c030>) e faz-se experimentos nas aulas presenciais com o fim de promover a atividade dos alunos incentivando o aprender fazendo. Importa dizer que as mudanças de estado serão ilustradas usando-se a água como meio material.
- Importa dizer mais uma vez, que as aulas presenciais movimentadas através de experimentos simples são um bom espaço para que os alunos se expressem e questionem acerca do que estão aprendendo. Em relação ao modo de proceder didaticamente, dividir-se-á a turma em pequenas equipes para realizarem quatro experimentos simples, direcionando sempre os alunos a anotarem o que observaram.
- O fogareiro a gás, acendedor ou fósforo, a panela de alumínio, água, termômetros de 0 °C a 100 °C, garrafinha com gelo, congelador da geladeira ou freezer são os materiais a se utilizar nestes experimentos. Usando os EPIs (Equipamento de proteção individual) necessários para a segurança nas atividades.
- Segue o roteiro das experiências com as questões propostas para serem respondidas e depois analisadas para ver se houve aprendizagem conceitual. Ao final de cada experiência espera-se que o aluno seja capaz de:
- Identificar as mudanças de estado da água: fusão, solidificação, vaporização, condensação.

- Entender as características das mudanças de estado.

### **EXPERIÊNCIA I Mudança de Estado: Fusão**

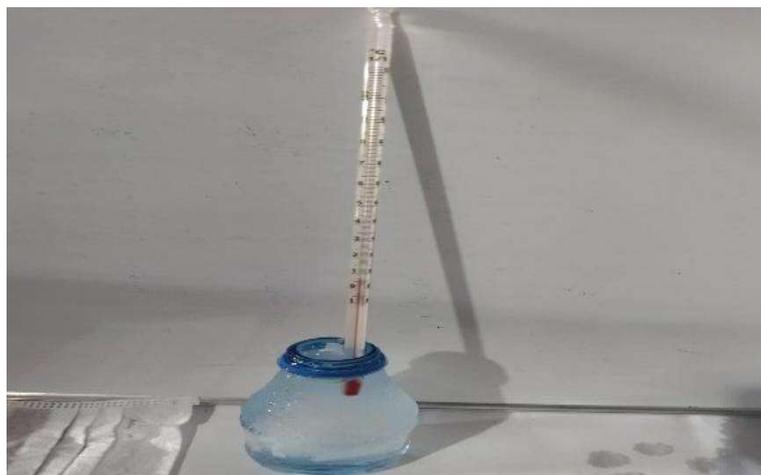
Material: Garrafinha com gelo e termômetro de 0 °C a 100 °C.



**Figura 31: Materiais da experiência I – Mudança de estado**

1º Passo: Observe o que acontece com a garrafinha de gelo em contato com o ar.

2º Passo: Coloque o termômetro em contato com gelo para medir a temperatura de fusão.



**Figura 32: Execução da experiência I**

**Questão 1:** Explique a mudança de fase que está ocorrendo nesta situação?

## EXPERIÊNCIA II Mudança de Estado: Vaporização

Materiais: Panela de alumínio, Fogareiro a gás, Fósforo ou acendedor, Água e o Termômetro de 0 °C a 100 °C.



**Figura 33: Materiais da Experiência II - Mudança de estado**

1º Passo: Coloque a panela com água em contato com o fogo.

2º Passo: Observe o que acontece com a água dentro da panela.

3º Passo: Quando começar a ferver coloque o termômetro para medir a temperatura em ebulição.



**Figura 34: Execução da experiência II - Mudança de estado**

**Questão 2:** Com base no que você observou, explique a mudança de fase que ocorreu nesta situação?

### **EXPERIÊNCIA III Mudança de Estado: Condensação.**

Materiais: Panela com tampa, Água e Fogareiro a gás.



**Figura 35: Materiais da Experiência III - Mudança de estado**

1º Passo: Coloque a panela com água em contato com fogareiro, deixe ferver.

2º Passo: Desligue o fogareiro e tampe a panela.

3º Passo: Aguarde alguns minutos e destampe a panela e observe como ficou a tampa da panela.



**Figura 36: Execução da experiência III - Mudança de estado**

**Questão 3:** Nesta situação, qual a mudança de estado que está ocorrendo? Explique a sua resposta.

## EXPERIÊNCIA IV Mudança de Estado: Solidificação

Material: Garrafinha com água líquida, congelador da geladeira ou freezer.



**Figura 37: Resultado da execução da experiência IV - Mudança de estado**

1º Coloque no congelador a garrafinha com água líquida.

2º Depois de umas 3 horas observe o que ocorreu com a garrafinha de água.

**Questão 4:** Nesta situação qual é a mudança de estado que está ocorrendo? Explique sua resposta.

Por fim, para se verificar o aprendizado alcançado pelos estudantes, realiza-se um debate de um tema interdisciplinar, que possa envolver os conhecimentos que são desenvolvidos nas sequências de atividades do conteúdo proposto, a partir de aprofundamento através de pesquisa antes da ocorrência das discussões. Durante o debate o docente observa e registra o conhecimento apresentado pelos alunos na oralidade e/ou na escrita. Segue uma proposta para o debate.

### 5.6 Abertura de grupos de discussão (1 aula presencial).

- Objetos de aprendizagem: Todos os conceitos termodinâmicos discutidos até aqui.
- Objetivos de aprendizagem consistem em favorecer o desenvolvimento de algumas competências específicas sinalizadas pela Base Nacional Comum Curricular, a BNCC;

quais sejam:

- Argumentação mediada pelo uso adequado da linguagem científica;
- Trabalho cooperativo;
- Pensamento crítico.
- Ressalta-se que os grupos de discussão são muito recomendados ante o uso do modelo da sala de aula invertida. Além disso, é um excelente método para verificação da aprendizagem conceitual, pois o aluno, por meio da voz, consegue mostrar se conseguiu organizar as ideias inerentes aos conceitos físicos materializados em forma de discurso. O material ao qual o professor pode movimentar essa atividade são os próprios trabalhos de pesquisa relativos a cada conteúdo abordado ao longo dessa sequência didática.

### **Trabalho de Pesquisa.**

- A.
- B. **Tema (contexto real):** O Aquecimento Global e a Amazônia.
- C. **Problema:** Qual é a relevância da Floresta Amazônica para o clima local de Parintins?
- D. **Objetos de aprendizagem:** Calor, temperatura e mudanças de estado.
- E. **Objetivos de aprendizagem:** Explorar os conceitos de calor, temperatura e mudança de estado à luz de um contexto real e relevante à região Amazônica.
- F. Discernir o papel da *temperatura* e do *calor* à manutenção e/ou mudança do clima.
- G. Diferenciar *clima* de *tempo climático*.
- H. Definir conceitualmente o *efeito estufa*.
- I. Definir conceitualmente o *aquecimento global*.
- J. **Atividade didática:** Grupo de discussão.

### **Questões Físicas.**

Essas questões voltam-se para a precisa movimentação conceitual de calor, temperatura e mudanças de fase trabalhadas e discutidas nas fases anteriores da sequência didática.

1. Explique o que é *convecção atmosférica*.
2. Explique o processo físico de *formação de nuvens*.
3. Explique fisicamente como *acontecem as chuvas*.
4. O que é o *efeito estufa*?

5. Qualifique (conceituar) o fenômeno que chamamos de *aquecimento global*.
6. Existe diferenças conceituais entre o *aquecimento global* e o *efeito estufa*?
7. Como sabemos que o planeta está *aquecendo* e não *resfriando*?

### **Questões contextuais**

Estas questões são voltadas para caracterizar a climatologia local de Parintins, bem como apreender como o clima influencia a vida diária das pessoas e a economia local da cidade.

1. Diga como a Floresta Amazônica pode contribuir para o clima regional?
2. Como a Floresta Amazônica contribui para a formação de chuvas na região amazônica?
3. O Amazonas, o rio que cerca a ilha de Parintins, minimiza ou aumenta a temperatura na ilha?
4. Caracterize a *climatologia* de Parintins: (i) quais são os *meses de verão e de inverno*? (ii) qual é o mês mais chuvoso e qual é o mês mais seco de Parintins? (iii) qual é o *valor médio de chuvas mensal em Parintins*?
5. Pesquise e responda: em que parte da cidade temos a sensação térmica de *mais quente*?
6. Pense e diga: como o clima influencia a *vida diária dos habitantes de Parintins* e a *economia local*?

---

### **Pergunta final:**

**Quais ações ambientais conjuntas os parintinenses devem empreender para atenuar, ou melhorar, a sensação térmica em Parintins?**

---

### **PROCEDIMENTO.**

#### **Primeira etapa:**

Solicite que a turma se divida em grupos com quatro componentes.

O trabalho é uma atividade de pesquisa direcionada pelo professor conforme as perguntas Físicas e Contextual. A pesquisa consiste em responder a seguinte pergunta: Qual é

a relevância da Floresta Amazônica para o clima local de Parintins?

Ressalta-se: o trabalho não é sobre responder as perguntas previamente mencionadas, uma a uma. No entanto, ao final da pesquisa todos os estudantes devem ser capazes de respondê-las. De fato, elas têm duplo objetivo. Primeiro, para direcionar a investigação dos alunos. Em segundo, elas servem como gatilho para o professor direcionar as discussões em grupo na etapa final.

Mantenha-se à disposição para sanar dúvidas em relação aos termos nativos do tema em destaque, mas que ainda não foram entendidos.

### **Segunda etapa:**

Após o recebimento do trabalho escrito, o professor deve lê-lo atentamente e verificar se:

1. A argumentação está consistente,
2. Há precisão conceitual,
3. Há emprego adequado da linguagem científica.

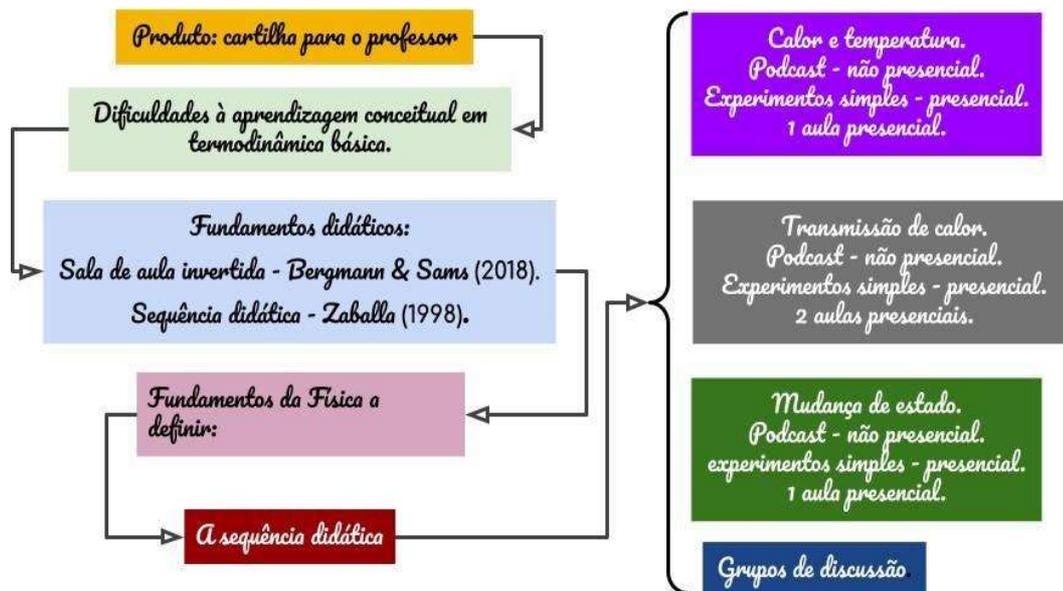
Caso não se verifique o cumprimento destes três itens, devolva o trabalho escrito para o estudante e faça um podcast ou tire as dúvidas presencialmente (isso fica a critério do professor) corrigindo os alunos em suas imprecisões.

### **Terceira etapa:**

Nesta última etapa faça o grupo de discussão, usando as perguntas Físicas e Contextuais.

Em síntese, a sequência didática pode ser representada pelo esquema (**Figura 38**). É importante mencionar que esta proposta vem sendo utilizada com aproveitamento significativo como menciona Bergman e Sams (2018):

Quando começamos a desenvolver o modelo invertido de aprendizagem para o domínio, não percebemos como ele mudaria completamente todos os aspectos de nossa vida profissional. Nossas salas de aula são laboratórios de educação onde os alunos assumem responsabilidade pela própria aprendizagem (p.85).



**Figura 38: Esquema da Sequência didática**

### 5.7 Avaliação Final da metodologia

Para finalizar a verificação da aprendizagem do conhecimento proposto que envolve todas as sequências didáticas implementadas, aplica-se o pós-teste, usando as mesmas questões do pré-teste (Modelo abaixo) para saber até que ponto o Modelo da Sala de Aula Invertida pode, de fato, contribuir para mitigar os problemas de aprendizagem conceitual dos objetos de estudo da Física. O resultado deve ser analisado de modo comparativamente quanto ao aprendizado alcançado.

- **PRÉ-TESTE - TESTAGEM-DIAGNÓSTICA NO ENSINO DA FÍSICA DO ENSINO MÉDIO**
- **PÓS -TESTE – VERIFICAÇÃO DO APRENDIZADO DO ALUNO**

<b>FASE I: PRÉ-TESTE - TESTAGEM-DIAGNÓSTICA NO ENSINO DA FÍSICA DO ENSINO MÉDIO</b>		
<b>Professora:</b>		
<b>Escola:</b>		
<b>Estudante:</b>		
<b>Ensino Médio:</b>	<b>2º Ano Turma:</b>	<b>Data:</b>
<a href="https://forms.gle/tXU8gQJYaWQVNiZV9">https://forms.gle/tXU8gQJYaWQVNiZV9</a> ( exemplos de questões)		
<p>Querido(a) Estudante, antes de adentrarmos no assunto propriamente dito vamos fazer um teste? Qual o objetivo deste teste?</p> <p>O objetivo desta testagem é diagnosticar a sua compreensão sobre os conceitos de temperatura e calor que são duas grandezas fundamentais da termodinâmica.</p> <p>Responda o teste dando o melhor de si e preocupe-se somente em respondê-lo com o conhecimento que tem neste exato momento. Não é necessário fazer nenhuma consulta.</p> <p>Vamos começar?! Agora vou ler cada questão para você responder! Você tem um tempo para resolver!</p>		
<b>QUESTÕES DA TESTAGEM DIAGNÓSTICA</b>		
As questões (link acima) para a testagem podem ser criadas pelo docente que utilizar a sequência didática, uma vez que deve ser contextualizada à realidade dos estudantes sujeitos do processo de ensino e aprendizagem.		

## CONCLUSÃO

O presente trabalho é o resultado de uma pesquisa de campo que foi desenvolvida em uma escola pública de tempo integral no Município Parintins, com aplicação de Metodologias Ativas, usando o modelo da sala de aula invertida (SAI), a qual contribuiu de várias formas para o ensino e aprendizagem da física, pois através das sequências didáticas envolvendo o protagonismo dos estudantes vimos indícios de que foi mitigada a maioria dos problemas de conhecimento conceitual em termodinâmica básica dos aprendizes do 2º ano do Ensino Médio.

Para coletar os dados foi aplicado um pré-teste (teste diagnóstico) dos conceitos iniciais da termodinâmica, o qual possibilitou ter uma visão das dificuldades conceituais referente a temperatura e calor. Para sanar essas dificuldades foi aplicada uma metodologia ativa, em que foi utilizado como o recurso didático para inverter a sala de aula, o podcast para ensinar os conceitos de temperatura, calor e mudança de estado, para que o aluno tivesse contato com assunto antes de os alunos irem para sala de aula, visto que essa pesquisa foi aplicada quando o ensino estava de forma híbrida.

Na sala de aula foi o momento da ação, quando o estudante realizava experimentos simples. Neste momento, o discente podia se expressar, questionar, tirar suas dúvidas, fazer observações, e responder a questões referente ao assunto inerente ao podcast. Isso possibilitou reforçar o ensino e a aprendizagem do conteúdo proposto. Ainda em sala de aula, para finalizar a sequência didática foi aberto um grupo de discussão, quando os alunos discutiram todos os conceitos enviados como atividade inicial referente ao conteúdo de Física termodinâmica. Este momento pedagógico favoreceu o desenvolvimento de algumas competências, propostas pela BNCC como: o uso adequado da linguagem científica, o trabalho cooperativo e o pensamento crítico. Vale ressaltar que atividade com os grupos de discussão é muito recomendada diante do modelo da Sala de Aula Invertida (SAI).

Para para verificar se a metodologia aplicada tinha dado certo avaliamos novamente os estudantes, aplicando um pós-teste com as mesmas questões do pré teste, e vimos que houve um resultado satisfatório com relação à compreensão dos conceitos relacionados a temperatura, calor e mudança de estado, comprovando que os objetivos previstos para desenvolver, ampliar e aprofundar o conhecimento dos alunos.

Portanto, reafirmamos que o modelo aqui apresentado contribuiu para atenuar os problemas de aprendizagem no ensino da área de conhecimento das Ciências da Natureza,

especialmente do componente Física, usando como objeto de conhecimento os conceitos da Termodinâmica Básica. Comprovou-se, mais uma vez, que as metodologias que conduzem o aprendiz a ser protagonista na construção do seu saber possibilita qualidade satisfatória de aprendizado daquele que é o centro do processo educacional: o aluno.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, R. P. de; UCHOA, J. D. **As dificuldades na aprendizagem de Física no Ensino Médio da Escola Estadual Dep. Alberto de Moura Monteiro**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí. 2015.

BACICH, Lilian. MORAN, José (orgs). **Metodologias ativas para uma educação inovadora**. Uma abordagem teórico-prática. Porto Alegre: Penso, 2018.

BARROSO, M. F.; SILVA, T. da. *Dificuldades na aprendizagem de Física sob a ótica dos resultados do ENEM*. **Revista Brasileira do Ensino de Física**, v. 40(4), 2018.

BECKER, F.. **A epistemologia do professor: o cotidiano da escola**. 6. ed., Petrópolis: Vozes, 2013. 344 p.

BERGMANN, J.; SAMS, A. **Sala de aula invertida: uma metodologia ativa de aprendizagem**. Rio de Janeiro: LTC, 2018. 141 p.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Educação é a Base. Brasília, MEC/CONSED/UNDIME, 2018.

BRASIL. Ministério de Educação. **Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional**. Diário Oficial União de 23/12/1996, BRASÍLIA(DF): MEC/DOU, 1996.

BRASIL. Ministério de Educação. **Parâmetros curriculares nacionais: ciências naturais**. 3 ed. Brasília: A Secretaria, 2001.

CARNEIRO, M. A. **BNCC fácil: decifra-me ou te devoro: 114 questões e respostas para esclarecer as rotas de implementação da BNCC**. Petrópolis: Vozes, 2020. 292 p.

CRATO, N. **O “eduquês” em discurso directo: uma crítica a pedagogia romântica e construtivista**. 11ª ed., Lisboa: Gradiva, 2010. 131 p.

ENKVIST, I. **Repensar a educação**. São Caetano do Sul: Bunker Editorial, 2006. 81p.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. São Paulo: Paz e Terra, 2013. 201 p.

\_\_\_\_\_. **Pedagogia da autonomia**. Saberes necessários à prática educativa. 33 ed. São Paulo: Paz e Terra, 2006.

GAUTHIER, C.; BISSONNETTE, S.; RICHARD, M. **Ensino explícito e desempenho dos alunos: a gestão dos aprendizados**. Petrópolis: Vozes, 2014. 334 p.

GAUTHIER, C.; TARDIF, M. **A pedagogia**. 3. ed., Petrópolis: Vozes, 2014. 477 p.

HALLIDAY, R.; WALKER, J. **Fundamentos da Física: gravitação, ondas e termodinâmica**. Tradução e Revisão Técnica de Ronaldo Sérgio de Biasi. v.2, Rio de Janeiro: LTC, 2016.

HEWITT, P. G. **Física conceitual**. Tradução de Trieste Freire Ricci. 12. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

HOUAISS. **Dicionário**. Disponível em: <<https://dicio.com.br/houaiss>>. Acesso em: 06 de ago. de 2021.

KALHIL, J. B.; BATISTA, M. G. P.; RAMÍREZ, I. R. **A didática da física: dos métodos à avaliação**. Manaus: Edições UEA, 2013. 126 p.

KARL R. POPPER. *A lógica da pesquisa. Científica*. Tradução de Leonidas Hegenberg e Octanny Silveira da Mota. 2.ed., São Paulo: Cultrix, 2013.

KNIGHT, R. **Física 2: uma abordagem estratégica**. Tradução de Iuri Duquia Abreu. 2. ed. v 2. Porto Alegre: Bookman, 2009

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica**. 5.ed., São Paulo: Edgard Blucher, 2014.

OLIVEIRA, T. E. de; ARAÚJO, I. S.; VEIT, E. A. **Sala de aula invertida (flipped classroom): inovando as aulas de física**. *Física na Escola*, v. 14, n. 2, 2016.

QUILBÃO, M. P. *et al.* **Investigando a Compreensão** Conceitual em Física de Alunos de Graduação em Cursos de Ciências, Engenharias e Matemática. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 41(2), 2019.

SAMPIERI, R. H.; COLLADO, C. F.; LUCIO, M. del P. B. **Metodologia da pesquisa**. 5ª ed., Porto Alegre: Penso, 2013. 614 p.

SEARS, F. W.; SALINGER, G. L. **Termodinâmica, Teoria Cinética e Termodinâmica Estatística**. 3.ed. Traduzido por Sérgio Murilo Abrahilo. Rio de Janeiro: Guanabara Dois S.A., 1979.

TIPLER, P.A.; MOSCA, G. **Física para cientistas e engenheiros. Mecânica, oscilações e ondas, Termodinâmica**. 6. ed. Tradução e Revisão Técnica de Paulo Machado Mors. São Paulo: LTC/Grupo Gen, 2009.

WILLINGHAM, D. T. **Por que os alunos não gostam da escola? Resposta da ciência cognitiva para tornar a sala de aula atrativa e afetiva**. 1ª ed., Porto Alegre: Artmed, 2011. 206 p.

ZABALA, A. **A Prática Educativa, Porto Alegre** Como ensinar. Porto Alegre, 1998

**APÊNDICE A**  
**RESULTADOS DO PRÉ-TESTE E PÓS-TESTE**



Figura 1: Resultado do pré-teste - conceitos básicos da termodinâmica: temperatura, calor, mudança de estado.

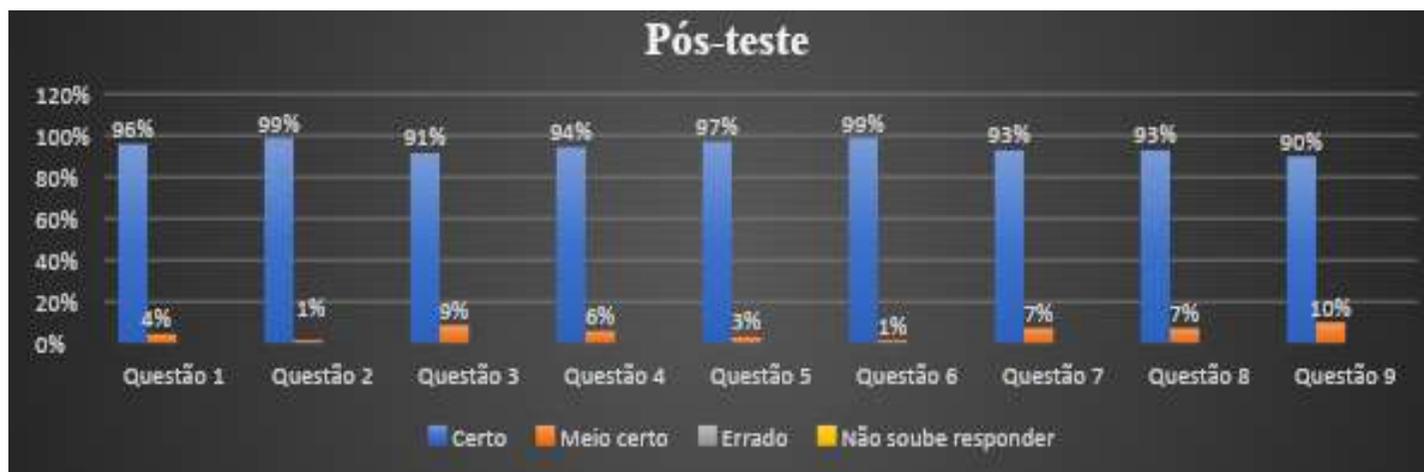


Figura 2: Resultados do pós-teste - conceitos básicos da termodinâmica: temperatura, calor, mudança de estado.

## APÊNDICE B

- **PRÉ-TESTE - TESTAGEM-DIAGNÓSTICA NO ENSINO DA FÍSICA DO ENSINO MÉDIO**
- **PÓS -TESTE – VERIFICAÇÃO DO APRENDIZADO DO ALUNO**

<b>FASE I: PRÉ-TESTE - TESTAGEM-DIAGNÓSTICA NO ENSINO DA FÍSICA DO ENSINO MÉDIO</b>		
<b>Professora:</b>		
<b>Escola:</b>		
<b>Estudante:</b>		
<b>Ensino Médio:</b>	<b>2º Ano Turma:</b>	<b>Data:</b>
<a href="https://forms.gle/tXU8gQJYaWQVNiZV9">https://forms.gle/tXU8gQJYaWQVNiZV9</a>		
<p>Querido(a) Estudante, antes de adentrarmos no assunto propriamente dito vamos fazer um teste? Qual o objetivo deste teste?</p> <p>O objetivo desta testagem é diagnosticar a sua compreensão sobre os conceitos de temperatura e calor que são duas grandezas fundamentais da termodinâmica.</p> <p>Responda o teste dando o melhor de si e preocupe-se somente em respondê-lo com o conhecimento que tem neste exato momento. Não é necessário fazer nenhuma consulta.</p> <p>Vamos começar?! Agora vou ler cada questão para você responder! Você tem um tempo para resolver!</p>		
<b>QUESTÕES DA TESTAGEM DIAGNÓSTICA</b>		
<p><b>Questão 1:</b> É correto afirmar que não há diferença qualitativa no uso das palavras calor e temperatura, ou seja: tanto faz usar uma quanto a outra para explicar a sensação de quente e frio, aquecimento da água, uma queimadura leve, entre outras?</p> <p>Explique o que você entende sobre isso:</p>		
<p><b>Questão 2:</b> É sabido que podemos conhecer a temperatura dos objetos à nossa volta usando-se um dos nossos cinco sentidos, no caso: o tato. Assim, ao segurarmos uma pedrinha de gelo chegaremos à conclusão de que a pedrinha está gelada. Nesta situação é o calor que passa da nossa mão para a pedrinha de gelo ou é o contrário: é o calor da pedrinha de gelo que para a nossa mão?</p> <p>Explique o que você entende sobre isso:</p>		
<p><b>Questão 3:</b> Em regiões frias é comum que dentro das casas tenha uma lareira. Uma vez acesa, a lareira cumpre o papel de aquecer o ambiente e tornar a temperatura do lar mais agradável, especialmente para as crianças e idosos</p>		

Explique como o calor da chama da lareira é capaz de aquecer o meio ambiente e, por conseguinte, as pessoas próximas:

**Questão 4:** Você já observou que as colheres de metal ao serem utilizadas para fazer comida se aquecem ao entrar em contato com os alimentos aquecidos na panela. No entanto, esse aquecimento não é imediato, leva um tempo, até chegar ao ponto de o cozinheiro não conseguir segurá-la.

Explique como o calor se transfere pela colher:

**Questão 5:** Ainda pensando na situação acima, explique: por que o mesmo não acontece com uma colher de madeira e/ou de silicone?

**Questão 6:** Explique por que o congelador fica sempre na parte de cima das geladeiras?

**Questão 7:** Pensando na situação acima, escreva por que é um erro instalar os aparelhos de ar-condicionado na parte de baixo de uma parede de casas/prédios?

**Questão 8:** Em um dia ensolarado, o que tem em comum entre: a formação de nuvens, a subida de um balão e a planagem dos pássaros?

Explique o que você entendeu sobre isto:

**Questão 9:** Quando você ouve as palavras radiação e irradiação, o que te vem à cabeça? Serás que elas significam a mesma coisa?

Explique o que você entendeu sobre isto:

Aguardamos ansiosamente pelas respostas!!! Abraços!

**APÊNDICE C**  
**PRODUTO EDUCACIONAL**

JANÁINA BEZERRA PACHECO

FÍSICA NA  
EDUCAÇÃO BÁSICA



# O MODELO DE SALA DE AULA INVERTIDA

APRENDIZAGEM CONCEITUAL DA  
TERMODINÂMICA BÁSICA



**O MODELO DE SALA DE AULA INVERTIDA  
APRENDIZAGEM CONCEITUAL DA TERMODINÂMICA BÁSICA**

**JANÁINA BEZERRA PACHECO**

**Área de concentração: Física na Educação Básica**

Orientador: Prof. Dr José Galúcio Campos

Manaus – Amazonas

**2022**

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>4</b>
<b>1 Sala de aula invertida como modelo de ensino .....</b>	<b>6</b>
<b>2 Calor e temperatura .....</b>	<b>8</b>
<b>3 Processos de transmissão de calor.....</b>	<b>14</b>
<b>4 Mudanças de estado físico da matéria .....</b>	<b>19</b>
<b>5 Grupos de discussão.....</b>	<b>24</b>
<b>6 Avaliação final.....</b>	<b>27</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>29</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>30</b>

## INTRODUÇÃO

Esta cartilha é uma proposta de ensino da física, a partir da pesquisa realizada no Mestrado Nacional Profissional em Ensino da Física (MNPEF), com os estudantes do 2º ano do Ensino Médio realizado no 2º semestre de 2021, e deriva da nossa preocupação em procurar ensinar os conceitos físicos em termodinâmica básica através de uma metodologia ativa de aprendizagem usando o modelo sala de aula invertida para minimizar as dificuldades conceituais de temperatura, calor e mudança de estado.

Procuramos nesta cartilha, abordar tais conceitos, usando uma linguagem acessível, ancorada em situações problemas, com aplicação de experimentos simples e discussões em grupo, referente a um assunto real e presente no dia a dia dos estudantes com o objetivo de reforçar a aprendizagem dos alunos em relação aos conceitos básicos da termodinâmica, utilizando uma sequência didática organizada de acordo com os objetivos que o professor quer alcançar.

Esta cartilha está voltada aos docentes de física, para auxiliá-los no que se refere ao ensino e aprendizagem dos estudantes usando a aplicação de um modelo de Sala de Aula Invertida (SAI) – podendo ser usado para diversificar o ensino híbrido, como foi o caso aqui – para trabalhar os conceitos de temperatura, calor e mudança de estado.

A proposta que se apresenta fundamenta-se em dois referenciais: a sala de aula invertida, com Bergmann e Sams (2018), e, a sequência didática com Zaballa (1998).

Como será visto, trata-se do produto, que é uma cartilha, voltada para auxiliar a atividade didática e pedagógica do professor com o intuito de ensinar os conceitos iniciais de termodinâmica, em específico: a temperatura, o calor e a mudança de estado.

No que concerne à física, esses assuntos acima delimitam o horizonte de aplicação da cartilha proposta, porém, do ponto de vista pedagógico, a cartilha é maleável e pode ser adaptada para diferentes assuntos, na física, e em diferentes disciplinas e contextos educacionais.

Antes da apresentação do produto propriamente dito, há uma situação muito particular que importa ressaltar: o contexto educacional e social em que esse produto foi planejado e desenvolvido. É sobre isso que se fala em seguida.

## **A gênese do produto**

Com a suspensão das aulas presenciais por decreto Estadual (e Municipal), por conta da COVID 19, o contato com os estudantes foi perdido; mas a responsabilidade e o dever de ensiná-los e educá-los manteve-se de pé.

Naquele momento, a única solução para que os alunos não ficassem sem aula e completamente desamparados foi o investimento em vídeo-aulas prontas, no YouTube, ou o(a) professor(a) gravaria suas próprias vídeo-aulas para encaminhar posteriormente para a turma, ou, fazia as lives (aulas remotas). E em última instância o estudo dirigido.

A qualidade da internet e, sobretudo, os pacotes de internet que os alunos possuíam, inviabilizaram as videoaulas. Após algum tempo à procura de uma solução viável na prática, chegou-se à conclusão de que os(as) professores(as) do município de Parintins deveriam acessar os alunos por meio de grupos no WhatsApp.

Não é difícil concluir que movimentar uma aula por meio desse aplicativo não é nada funcional e agradável, mas as aulas remotas das escolas Estaduais do Município de Parintins foram ministradas dessa forma, por meio de áudios gravados contendo as explicações dos conteúdos, que em geral tinha uma sequência de atividades: abertura da aula pelo professor, leitura do livro texto (printava-se a página da aula do dia e as inseria no Grupo do WhatsApp); link de videoaulas, e esperava-se um tempo até que os alunos lessem e os que tivessem internet assistissem as referidas videoaula do YOU TUBE, para em seguida explicar os conteúdos em áudios.

Em observância a possibilidade do uso do áudio, como recurso tecnológico mais leve que um vídeo, e sabendo que o instrumento principal para fomentar os conceitos e explicar os fenômenos físicos seria a voz, daí nasceu a ideia de utilizar o podcast como recurso/instrumento didático para ser utilizado neste contexto, mas faltava otimizar o momento das aulas presenciais para torná-las um momento de ação, para o alunado.

Foi dessa percepção que surgiu a ideia, de o aluno ter contato com objeto de conhecimento que são os conceitos básicos da termodinâmica: temperatura, calor e mudança de estado pelo *podcast* no grupo de WhatsApp, quando estivesse e sua residência, posteriormente na sala de aula executaria os experimentos simples, pois a realização desses experimentos teria maior potencial de favorecer a ação dos alunos. Então percebemos, que essa característica iria ao

encontro do que vem a ser o modelo de ensino da sala de aula invertida (SAI).

A Partir dessas premissas surgiu proposta de usar o modelo da sala de aula invertida para ensinar os conceitos iniciais da termodinâmica através de uma metodologia ativa para melhorar o ensino e aprendizagem dos estudantes do 2º ano do Ensino Médio.

## **1 Sala de aula invertida como modelo de ensino**

A sequência didática cobre cinco aulas sobre os fundamentos da termodinâmica. Na primeira aula será discutido os conceitos de calor e temperatura. Na segunda e na terceira, os processos de transmissão de calor, na quarta às mudanças do estado físico da matéria e, por fim, abre-se para o grupo de discussão.

Ressalta-se aqui que a organização planejada foi desenvolvida em fases, posto que: “a identificação das fases de uma seqüência didática, as atividades que a conforma e as relações que se estabelecem devem nos servir para compreender o valor educacional que têm, as razões que as justificam e a necessidade de introduzir mudanças ou atividades novas que a melhorem” (ZABALA, 1998, p 54-55).

Assim indica-se nas seguintes fases que compõem a cartilha:

- a) Comunicação do objeto do conhecimento em podcast encaminhado via WhatsApp;
- b) Estudo individual com aprofundamento recomendado antes de ir para aula presencial;
- c) Em sala de aula, ou laboratório de ciências, realizar experimentos simples, em grupo de alunos, a partir de orientação escrita, quando os alunos fazem a relação, na prática, com o conhecimento estudado anteriormente.
- d) Apresentação de uma questão de cada experimento realizado sobre o conteúdo estudado no podcast, para ser respondido escrito pelo estudante indevidamente, o qual se analisa para verificar a aprendizagem do conteúdo em pauta.
- e) Um momento de ampla discussão em sala de aula, a partir de tema-problema, quando o professor avalia a aprendizagem que o estudante apresenta oralmente, referente ao objeto de conhecimento que fez o aprofundamento desde o estudo antes de chegar em sala de aula.

Nesta proposta, antes de iniciar a sequência de atividades, recomenda-se aplicar um pré-teste (teste diagnóstico em forma de questionário) (Apêndice A), cujo objetivo é diagnosticar a compreensão dos alunos acerca dos conceitos de calor e temperatura. Tendo ciência deste conhecimento prévio, o professor pode dirigir seus esforços para as questões mais

urgentes que os alunos apresentam como maior dificuldade.

Para não recrutar obrigatoriamente uma aula presencial aponta-se que pode se trabalhar com os formulários do Pré-Teste e Pós-Teste por meio eletrônico em *podcast*, compartilhando em grupo de WhatsApp, no Google (Google Forms), e impressos e enviados com antecedência para o alunado, não devendo descartar essas alternativas distintas.

Lembrando, aqui, que as aulas seguem o modelo da Sala de Aula Invertida. O *podcast* é o recurso empregado para inverter a sala de aula. Na aula presencial (ensino híbrido), será o momento de ação, onde usar-se-á os experimentos e, depois, aplicar-se-á um trabalho de pesquisa para reforçar a aprendizagem. Todos os conteúdos abordados na sequência didática seguem as três etapas da sala de aula invertida, conforme o esquema abaixo.

O processo educativo contemporâneo vem buscando e implementando formas metodológicas que motivem o aluno a se empenhar para alcançar uma aprendizagem significativa, a partir de vivência com materiais do seu cotidiano. Nesse contexto, várias propostas vêm sendo experimentadas para envolver o estudante com o conhecimento que precisa adquirir para sua formação integral. É nessa perspectiva que este produto didático apresenta a proposta do modelo Sala de Aula Invertida a partir do envolvimento das Metodologias ativas, seguindo o que mostra a **Figura 1**.



**Figura 1: Etapas da Sala de Aula Invertida – SAI**

O conteúdo utilizado como amostragem do modelo SAI é o objeto de conhecimento do Componente curricular Física no Ensino Médio, denominado Termodinâmica básica, para o aprendizado conceitual de temperatura, calor e mudança de estado. Assim, apresenta-se as três aulas com suas respectivas sequências de atividades. Usa-se os EPIs (Equipamento de proteção individual) necessários para a segurança dos estudantes.

Para inverter a sala de aula e iniciar o assunto, disponibilizamos um *podcast*, de

produção própria: (<https://anchor.fm/naina-bezerra-pacheco/episodes/Aula-1-Temperatura-e-Calor-e110uuq>), abordando o assunto em pauta. Além do podcast, direcionamos a leitura do capítulo relativo ao assunto, do livro texto de física, utilizado pela escola. Ao retornar os alunos desenvolvem cinco experimentos, que são indicados abaixo, atuando em pequenos grupos.

## 2 Calor e temperatura

Objetos de aprendizagem: Temperatura e o Calor.

Objetivos de aprendizagem:

4. Definir o que é temperatura;
5. Definir o que é calor;
6. Problematizar essas definições por meio de situações do cotidiano, para estabelecer, com precisão, a diferença entre ambos.

Como já foi dito, na sala de aula é um momento de trabalho, de ação, de aprender fazendo. Para tanto, a turma foi dividida em grupos para realizar os seguintes experimentos descritos mais à frente. Sugere-se que os experimentos sejam momentos oportunos para o aluno se expressar, questionar, fazer observações, e responder as questões referente ao assunto inerente ao podcast. Em adição, espera-se que ao final desses experimentos o aluno seja capaz de:

- Aplicar os conceitos de temperatura e calor de forma clara e precisa nas questões propostas.
- Identificar os fenômenos relacionados a temperatura e calor no seu dia a dia.

### EXPERIÊNCIA I: Sensação térmica pelo tato

Toque com a mão nos materiais enumerados no quadro abaixo e diga qual a sensação térmica assinalando na tabela quente ou frio.

Material	Quente	Frio
Colher de metal		
Madeira		
Descanso da bicicleta (aluminio)		
Agasalho		
Copo de vidro com água quente		
Garrafinha com gelo		
Seixo		
Vela acesa		
Copo de plástico		
Copo de alumínio		



**Figura 2. Materiais da Experiência I: Temperatura e Calor**



**Figura 3. Execução da Experiência I: Temperatura e Calor**

Ao final da participação dos estudantes, faz-se a

Questão 1: Por que o tato não é um meio confiável para a aferição precisa da temperatura? Então aguarda-se que os alunos respondam por escrito, demonstrando sua percepção.

## **EXPERIÊNCIA II Medição de temperatura.com o instrumento termômetro.**

Materiais: Termômetro de mercúrio de 0 °C a 100 °C, água quente, copo de vidro, garrafinha com gelo.



**Figura 4. Materiais da Experiência II – Temperatura e calor**

1º Passo: Colocar o termômetro na garrafinha com gelo e observar o que acontece com o termômetro.

2º Passo: Colocar o termômetro no copo de vidro com água quente e observar o que acontece com o termômetro.

3º Passo: Observar o que acontece com cada termômetro e faça suas anotações.



**Figura 5: Execução da Experiência II: Temperatura e Calor**

**Questão 2:** Com base na aula de temperatura e calor, explique fisicamente o que ocorreu com o termômetro colocado em contato com a água quente e com o termômetro colocado em contato com o gelo.

### **EXPERIÊNCIA III Diferença de temperatura.**



**Figura 6: Material - Termômetro Digital.**

1º Passo: Anotar a medição da temperatura corporal do aluno sentado dentro da sala de aula e do meio ambiente.

2º Passo: Anotar a medição da temperatura corporal do aluno fora da sala de aula, após ter se movimentado e do meio ambiente.



**Figura 7: Execução da Experiência III**

**Questão 3:** Explique por que houve uma variação da temperatura corporal e do meio ambiente?

### **EXPERIÊNCIA IV: Transporte de energia.**

Materiais: Colher de metal, vela e acendedor ou fósforo.



**Figura 8: Materiais da Experiência IV**

1º Passo: Coloque a colher de metal em contato com a vela acesa.

2º Passo: Aguarde uns minutinhos e verifique o que aconteceu com a colher de metal.

3º Passo: Faça suas anotações.



**Figura 9: Execução da Experiência IV**

**Questão 4:** O que ocorreu com a colher de metal, ao ser colocada em contato com a vela acesa?

Explique sua resposta.

### **EXPERIÊNCIA V: Definição da energia térmica.**

Materiais: Garrafa com gelo, termômetro digital, termômetro de mercúrio com escala de 0 °C a 100 °C.



**Figura 10: Materiais da Experiência V**

1º Passo: Meça a sua temperatura corporal com termômetro digital e anote.

2º Passo: Meça a temperatura da garrafinha com gelo e anote.

3º Passo: Segure a garrafinha com gelo por alguns minutos.



**Figura 11: Execução da Experiência V**

**Questão 5:** Nesta situação é o calor que passa da nossa mão para a garrafinha de gelo ou é o

contrário: é o calor da garrafinha de gelo que para a nossa mão? Explique a sua resposta.

Para o segundo conteúdo propõe-se realizar cinco experimentos, os quais têm a finalidade de aprofundar os conhecimentos previamente encaminhados para os estudantes.

### **3 Processos de transmissão de calor**

- Objetos de aprendizagem: São os processos de transmissão de calor: condução, convecção e radiação.
- Objetivos de aprendizagem:
  - Definir o que é condução térmica;
  - Definir o que é convecção térmica;
  - Definir o que é a radiação térmica;
- Problematizar os conceitos acima, ensejando estabelecer as aproximações e diferenças entre eles, à luz de situações concretas do dia a dia.
- Inverte-se a sala de aula com um podcast relativo ao conteúdo em tela (<https://anchor.fm/naina-bezerra-pacheco/episodes/Aula-2-Processos-de-Transmisso-de-Calor-e1452he>) e, durante as aulas presenciais, trabalha-se com os experimentos sobre transmissão de calor: condução, convecção e radiação. Para tanto, separa-se a turma em pequenos grupos para realizarem cinco experimentos simples, direcionando sempre os alunos a anotarem o que observaram.
- Nestes experimentos usar-se-á os seguintes instrumentos: vela, colher de metal, agasalho, materiais de metais, plásticos, madeira, silicone, fogareiro a gás, panela de alumínio, ar condicionado da sala de aula ou do laboratório de ciências, ferro de passar chapinha de cabelo.
- Em seguidas tem-se o roteiro das experiências com as questões propostas a serem respondidas e depois analisadas para verificação da aprendizagem conceitual. Ao final de cada experiência espera-se que o aluno seja capaz de:
  - Identificar o gatilho que dispara os processos de transmissão de calor supramencionados;
  - Qualificar, com precisão, cada um desses processos;
  - Identificar que esses processos não acontecem igualmente em objetos feitos com materiais diferentes.

## EXPERIÊNCIA I: Diferença entre isolante e condutor térmico

Observe os materiais da tabela abaixo e diga se é isolante, ou condutor térmico.



Figura 12: Materiais da Experiência I

Material	Isolante	Condutor
Colher de metal		
Madeira		
Descanso da bicicleta (alumínio)		
Agasalho		
Caixinha de isopor		
Concha de silicone		
Espeto de churrasco		
Placa de chapinha		
Copo de plástico		
Copo de alumínio		



Figura 13: Execução da experiência I – Transmissão de calor

**Questão 1:** Diga, qual a diferença entre isolante térmico e condutor térmico?

**EXPERIÊNCIA II: Corrente de convecção.**

Material: Ar-condicionado da sala de aula.



**Figura 14:** Material da Experiência II

**Questão 2:** Com base na aula de processos de transmissão de calor, explique fisicamente como ocorre esse processo de convecção, na sala de aula, que é climatizada devido ao ar-condicionado?

**EXPERIÊNCIA III: Transmissão de calor por convecção.**

Materiais: Panela de alumínio, fogareiro a gás, fósforo ou acendedor, e água.



**Figura 15:** Materiais da Experiência III

1º Passo: Coloque a panela com água em contato com o fogo.

2º Passo: Observe o que acontece com a panela e com a água dentro da panela. 3º 3º Passo: Faça as suas anotações.



**Figura 16: Execução da experiência III**

**Questão 3:** Com base no que você observou, explique o processo de transmissão de calor que ocorreu com água quando começou a ferver?

#### **EXPERIÊNCIA IV: Transmissão de calor por condução.**

Materiais: Colher de metal, copo de metal, vela e acendedor ou fósforo.

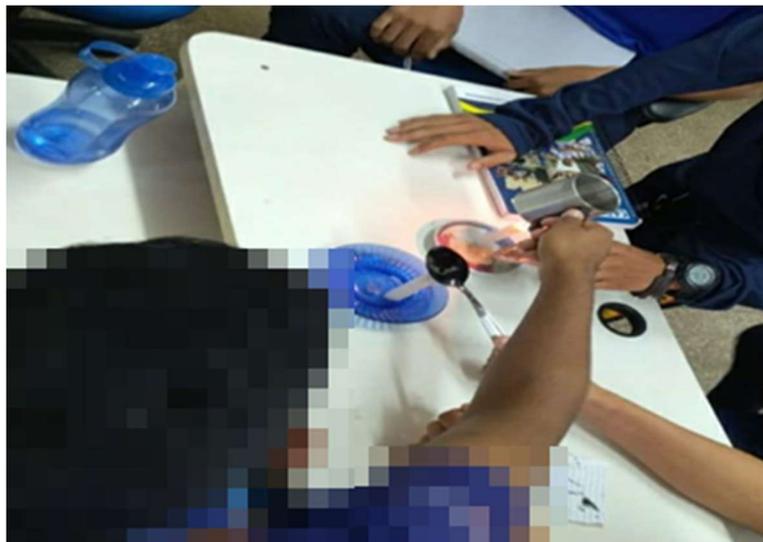


**Figura 17: Materiais da Experiência IV**

1º Passo: Coloque a colher ou copo de metal em contato com a vela acesa.

2º Passo: Aguarde uns minutinhos e verifique o que aconteceu com a colher de metal.

3º Passo: Faça suas anotações.

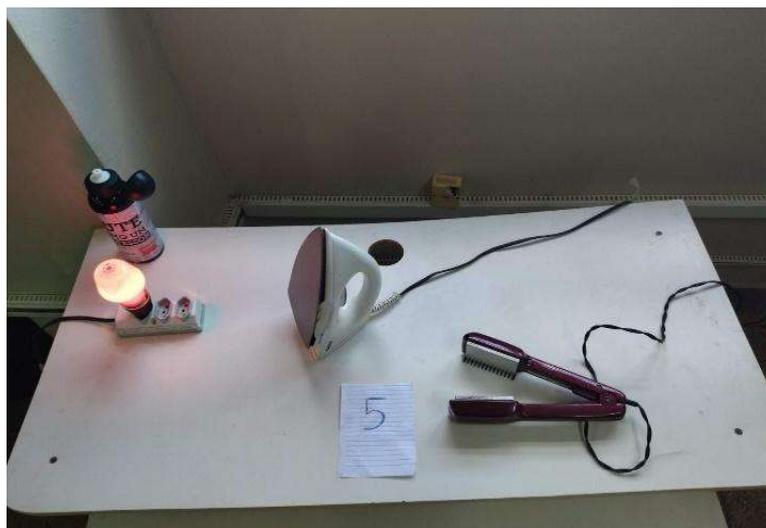


**Figura 18: Execução da experiência IV**

**Questão 4:** Qual o processo de transmissão de calor identificado na experiência? Por que? Explique sua resposta.

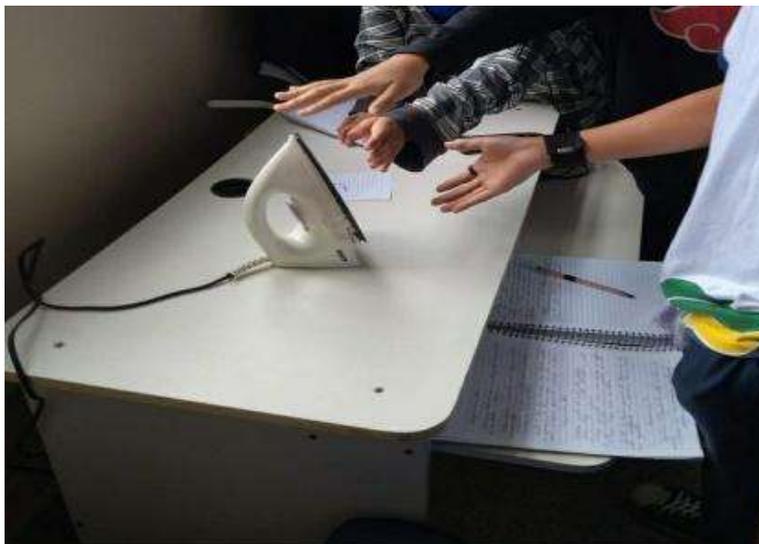
#### **EXPERIÊNCIA V: Transmissão de calor por radiação**

Materiais: Chapinha de cabelo, ferro de passar e lâmpada incandescente



**Figura 19: Materiais da Experiência V**

- 1º Passo: Ligue a chapinha na tomada e deixe por alguns minutos.
- 2º Passo: Ligue o ferro de passar roupas e deixe por alguns minutos.
- 3º Passo: Aproxime a mão da placa metálica da chapinha e do ferro de passar
- 4º Passo: Observe o que ocorre com a sua mão quando você aproxima das placas metálicas.



**Figura 20: Execução da experiência V**

**Questão 5:** Nesta situação, qual é o processo de transmissão de calor que está ocorrendo quando sua mão se aproxima das placas metálicas? Explique sua resposta.

Na terceira aula envolve-se os estudantes em quatro experimentos, indicados a seguir.

#### **4 Mudanças de estado físico da matéria**

- Objeto de aprendizagem: São as mudanças dos estados físicos da matéria: fusão, solidificação, vaporização, condensação.
- Objetivo de aprendizagem:
- Definir os estados físicos da matéria.
- Verificar a influência da temperatura nas transformações dos estados físicos da matéria.
- Explicar mudanças de estado físico em diferentes situações cotidianas.
- Inverte a aula com o podcast inerente ao assunto em questão (<https://anchor.fm/naina-bezerra-pacheco/episodes/Aula3Mudana-de-Estado-eou-Fase-e19c030>) e faz-se experimentos nas aulas presenciais com o fim de promover a atividade dos alunos incentivando o aprender fazendo. Importa dizer que as mudanças de estado serão ilustradas usando-se a água como meio material.
- Importa dizer mais uma vez, que as aulas presenciais movimentadas através de experimentos simples são um bom espaço para que os alunos se expressem e questionem acerca do que estão aprendendo. Em relação ao modo de proceder didaticamente, dividir-se-á a turma em pequenas equipes para realizarem quatro experimentos simples,

direcionando sempre os alunos a anotarem o que observaram. A

- O fogareiro a gás, acendedor ou fósforo, a panela de alumínio, água, termômetros de 0 °C a 100 °C, garrafinha com gelo, congelador da geladeira ou freezer são os materiais a se utilizar nestes experimentos.
- Segue o roteiro das experiências com as questões propostas para serem respondidas e depois analisadas para ver se houve aprendizagem conceitual. Ao final de cada experiência espera-se que o aluno seja capaz de:
- Identificar as mudanças de estado da água: fusão, solidificação, vaporização, condensação.
- Entender as características das mudanças de estado.

### **EXPERIÊNCIA I: Mudança de Estado- Fusão**

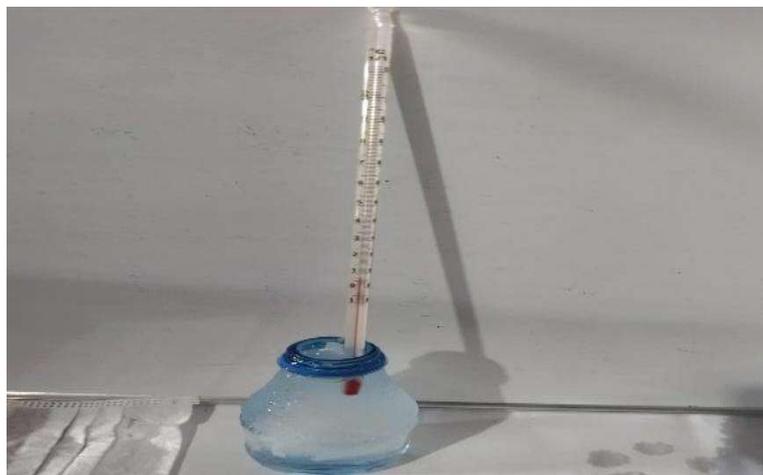
Material: Garrafinha com gelo e termômetro de 0 °C a 100 °C.



**Figura 21: Materiais da experiência I – Mudança de estado**

1º Passo: Observe o que acontece com a garrafinha de gelo em contato com o ar.

2º Passo: Coloque o termômetro em contato com gelo para medir a temperatura de fusão.



**Figura 22: Execução da experiência I**

**Questão 1:** Explique a mudança de fase que está ocorrendo nesta situação?

### **EXPERIÊNCIA II: Mudança de Estado - Vaporização**

Materiais: Panela de alumínio, Fogareiro a gás, Fósforo ou acendedor, Água e o Termômetro de 0 °C a 100 °C.



**Figura 23: Materiais da Experiência II – Mudança de estado**

1º Passo: Coloque a panela com água em contato com o fogo.

2º Passo: Observe o que acontece com a água dentro da panela.

3º Passo: Quando começar a ferver coloque o termômetro para medir a temperatura em ebulição.



**Figura 24: Execução da experiência II**

**Questão 2:** Com base no que você observou, explique a mudança de fase que ocorreu nesta situação?

**EXPERIÊNCIA III: Mudança de Estado - Condensação.**

Materiais: Panela com tampa, Água e Fogareiro a gás.



**Figura 25: Materiais da Experiência III – Mudança de estado**

1º Passo: Coloque a panela com água em contato com fogareiro, deixe ferver.

2º Passo: Desligue o fogareiro e tampe a panela.

3º Passo: Aguarde alguns minutos e destampe a panela e observe como ficou a tampa da panela.



**Figura 26: Execução da experiência III**

**Questão 3:** Nesta situação, qual a mudança de estado que está ocorrendo? Explique a sua resposta.

#### **EXPERIÊNCIA IV: Mudança de Estado - Solidificação**

Material: Garrafinha com água líquida, congelador da geladeira ou freezer.



**Figura 27: Resultado da execução da experiência IV**

1º Coloque no congelador a garrafinha com água líquida.

2º Depois de umas 3 horas observe o que ocorreu com a garrafinha de água.

**Questão 4:** Nesta situação qual é a mudança de estado que está ocorrendo? Explique sua resposta.

Por fim, para se verificar o aprendizado alcançado pelos estudantes, realiza-se um debate de um tema interdisciplinar, que possa envolver os conhecimentos que são desenvolvidos nas sequências de atividades do conteúdo proposto, a partir de aprofundamento através de pesquisa antes da ocorrência das discussões. Durante o debate o docente observa e registra o conhecimento apresentado pelos alunos na oralidade e/ou na escrita. Segue uma proposta para o debate.

### 5 Grupos de discussão

- Objetos de aprendizagem: Todos os conceitos termodinâmicos discutidos até aqui.
- Objetivos de aprendizagem consistem em favorecer o desenvolvimento de algumas competências específicas sinalizadas pela Base Nacional Comum Curricular, a BNCC; quais sejam:
- Argumentação mediada pelo uso adequado da linguagem científica;
- Trabalho cooperativo;
- Pensamento crítico.
- Ressalta-se que os grupos de discussão são muito recomendados ante o uso do modelo da sala de aula invertida. Além disso, é um excelente método para verificação da aprendizagem conceitual, pois o aluno, por meio da voz, consegue mostrar se conseguiu organizar as ideias inerentes aos conceitos físicos materializados em forma de discurso. O material ao qual o professor pode movimentar essa atividade são os próprios trabalhos de pesquisa relativos a cada conteúdo abordado ao longo dessa sequência didática.

### Trabalho de Pesquisa.

- a) **Tema (contexto real):** O Aquecimento Global e a Amazônia.
- b) **Problema:** Qual é a relevância da Floresta Amazônica para o clima local de Parintins?
- c) **Objetos de aprendizagem:** Calor, temperatura e mudanças de estado.
- d) **Objetivos de aprendizagem:** Explorar os conceitos de calor, temperatura e mudança de estado à luz de um contexto real e relevante à região Amazônica.
- e) Discernir o papel da *temperatura* e do *calor* à manutenção e/ou mudança do clima.
- f) Diferenciar *clima* de *tempo climático*.
- g) Definir conceitualmente o *efeito estufa*.

h) Definir conceitualmente o *aquecimento global*.

### **I. Atividade didática:** Grupo de discussão.

#### **Questões Físicas.**

Essas questões voltam-se para a precisa movimentação conceitual de calor, temperatura e mudanças de fase trabalhadas e discutidas nas fases anteriores da sequência didática.

1. Explique o que é *convecção atmosférica*.
2. Explique o processo Físico de *formação de nuvens*.
3. Explique fisicamente como *acontecem as chuvas*.
4. O que é o *efeito estufa*?
5. Qualifique (conceituar) o fenômeno que chamamos de *aquecimento global*.
6. Existe diferenças conceituais entre o *aquecimento global* e o *efeito estufa*?
7. Como sabemos que o planeta está *aquecendo* e não *resfriando*?

#### **Questões contextuais**

Estas questões são voltadas para caracterizar a climatologia local de Parintins, bem como apreender como o clima influencia a vida diária das pessoas e a economia local da cidade.

1. Diga como a Floresta Amazônica pode contribuir para o clima regional?
2. Como a Floresta Amazônica contribui para a formação de chuvas na região amazônica?
3. O Amazonas, o rio que cerca a ilha de Parintins, minimiza ou aumenta a temperatura na ilha?
4. Caracterize a *climatologia* de Parintins: (i) quais são os *meses de verão e de inverno*? (ii) qual é o mês mais chuvoso e qual é o mês mais seco de Parintins? (iii) qual é o *valor médio de chuvas mensal em Parintins*?
5. Pesquise e responda: em que parte da cidade temos a sensação térmica de *mais quente*?
6. Pense e diga: como o clima influencia a *vida diária dos habitantes de Parintins* e a *economia local*?

---

#### **Pergunta final:**

## **Quais ações ambientais conjuntas os parintinenses devem empreender para atenuar, ou melhorar, a sensação térmica em Parintins?**

---

### **PROCEDIMENTO.**

#### **Primeira etapa:**

Solicite que a turma se divida em grupos com quatro componentes.

O trabalho é uma atividade de pesquisa direcionada pelo professor conforme as perguntas Físicas e Contextual. A pesquisa consiste em responder a seguinte pergunta: Qual é a relevância da Floresta Amazônica para o clima local de Parintins?

Ressalta-se que o trabalho não é sobre responder as perguntas previamente mencionadas, uma a uma. No entanto, ao final da pesquisa todos os estudantes devem ser capazes de respondê-las. De fato, elas têm duplo objetivo. Primeiro, para direcionar a investigação dos alunos. Em segundo, elas servem como gatilho para o professor direcionar as discussões em grupo na etapa final.

Mantenha-se à disposição para sanar dúvidas em relação aos termos nativos do tema em destaque, mas que ainda não foram entendidos.

#### **Segunda etapa:**

Após o recebimento do trabalho escrito, o professor deve lê-lo atentamente e verificar se:

1. A argumentação está consistente,
2. Há precisão conceitual,
3. Há emprego adequado da linguagem científica.

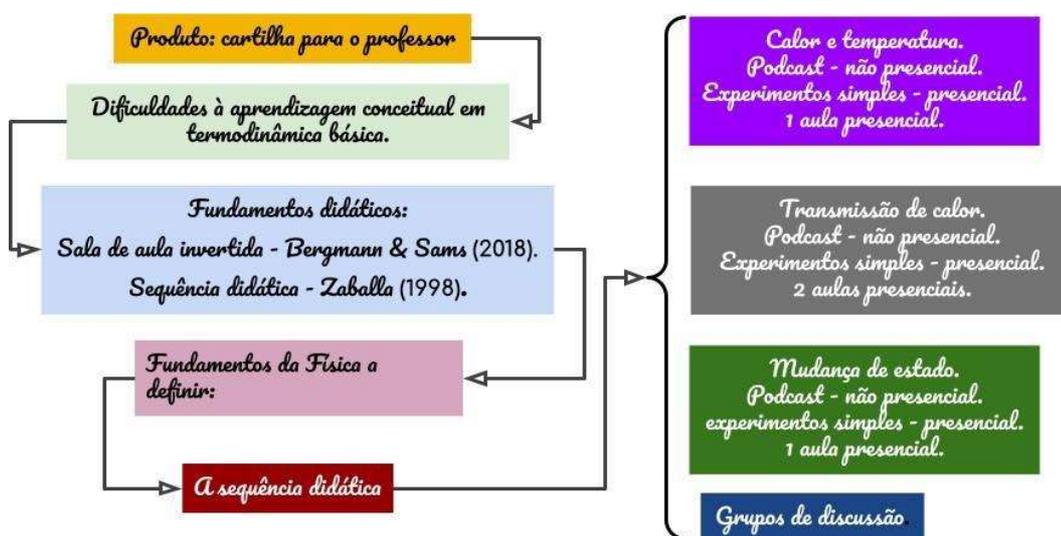
Caso não se verifique o cumprimento destes três itens, devolva o trabalho escrito para o estudante e faça um podcast ou tire as dúvidas presencialmente (isso fica a critério do professor) corrigindo os alunos em suas imprecisões.

#### **Terceira etapa:**

Nesta última etapa faça o grupo de discussão, usando as perguntas Físicas e Contextuais.

Em síntese, a sequência didática pode ser representada pelo esquema (**Figura 28**). É importante mencionar que esta proposta vem sendo utilizada com aproveitamento significativo como menciona Bergman e Sams (2018):

Quando começamos a desenvolver o modelo invertido de aprendizagem para o domínio, não percebemos como ele mudaria completamente todos os aspectos de nossa vida profissional. Nossas salas de aula são laboratórios de educação onde os alunos assumem responsabilidade pela própria aprendizagem (p.85).



**Figura 28: Esquema da Sequência didática**

## 6 Avaliação final

Para finalizar a verificação da aprendizagem do conhecimento proposto que envolve todas as sequências didáticas implementadas, aplica-se o pós-teste, usando as mesmas questões do pré-teste (Modelo abaixo) para saber até que ponto o Modelo da Sala de Aula Invertida pode, de fato, contribuir para mitigar os problemas de aprendizagem conceitual dos objetos de estudo da Física. O resultado deve ser analisado de modo comparativamente quanto ao aprendizado alcançado.

- **PRÉ-TESTE - TESTAGEM-DIAGNÓSTICA NO ENSINO DA FÍSICA DO ENSINO MÉDIO**
- **PÓS -TESTE – VERIFICAÇÃO DO APRENDIZADO DO ALUNO**

<b>FASE I: PRÉ-TESTE - TESTAGEM-DIAGNÓSTICA NO ENSINO DA FÍSICA DO ENSINO MÉDIO</b>		
<b>Professora:</b>		
<b>Escola:</b>		
<b>Estudante:</b>		
<b>Ensino Médio:</b>	<b>2º Ano Turma:</b>	<b>Data:</b>
<a href="https://forms.gle/tXU8gQJYaWQVNiZV9">https://forms.gle/tXU8gQJYaWQVNiZV9</a> ( exemplos de questões)		
<p>Querido(a) Estudante, antes de adentrarmos no assunto propriamente dito vamos fazer um teste? Qual o objetivo deste teste?</p> <p>O objetivo desta testagem é diagnosticar a sua compreensão sobre os conceitos de temperatura e calor que são duas grandezas fundamentais da termodinâmica.</p> <p>Responda o teste dando o melhor de si e preocupe-se somente em respondê-lo com o conhecimento que tem neste exato momento. Não é necessário fazer nenhuma consulta.</p> <p>Vamos começar?! Agora vou ler cada questão para você responder! Você tem um tempo para resolver!</p>		
<b>QUESTÕES DA TESTAGEM DIAGNÓSTICA</b>		
As questões (link acima) para a testagem podem ser criadas pelo docente que utilizar a sequência didática, uma vez que deve ser contextualizada à realidade dos estudantes sujeitos do processo de ensino e aprendizagem.		

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apresentamos este material pedagógico com a expectativa de que possibilite o desenvolvimento do conhecimento científico dos alunos, que envolve as relações com as várias atividades humanas, especialmente a Tecnologia, com valores humanos e as concepções das Ciências da Natureza.

Nessa perspectiva busca-se conduzir os aprendizes a se apropriarem do conhecimento científico, desenvolvendo uma autonomia no pensar e no agir, isto é, aprender fazer fazendo no contexto do processo ensino e aprendizagem, posto que “a nossa capacidade de aprender, de que decorre a de ensinar, sugere ou, mais do que isso, implica a nossa habilidade de *apreender* a substantividade do objeto aprendido (FREIRE, 2006 p.69).

Neste modelo de metodologia ativa, o educador exerce o papel de orientador que encaminha problematizações pertinentes, para que o estudante tenha sua curiosidade despertada e busque as respostas dos questionamentos que surgem. Nessa dinâmica o aluno se torna protagonista e avança na construção do próprio conhecimento.

Ressalta-se que o modelo implementado neste material didático não se destina somente a esta área do conhecimento, nem tão pouco se restringe ao ensino do objeto de conhecimento da Física que fora usado como protótipo. Portanto o modelo de sala de aula invertida pode ser aplicado, fazendo adequações pertinentes para o desenvolvimento dos diversos conteúdos das áreas da Ciência da Natureza e outras.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, R. P. de; UCHOA, J. D. **As dificuldades na aprendizagem de Física no Ensino Médio da Escola Estadual Dep. Alberto de Moura Monteiro**. Piauí: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, 2015.

BACICH, Lilian. MORAN, José (orgs). **Metodologias ativas para uma educação inovadora**. Uma abordagem teórico-prática. Porto Alegre: Penso, 2018.

BARROSO, M. F.; SILVA, T. da. *Dificuldades na aprendizagem de Física sob a ótica dos resultados do ENEM*. **Revista Brasileira do Ensino de Física**, v. 40(4), 2018.

BECKER, F.. **A epistemologia do professor: o cotidiano da escola**. 6. ed., Petrópolis: Vozes, 2013. 344 p.

BERGMANN, J.; SAMS, A. **Sala de aula invertida: uma metodologia ativa de aprendizagem**. Rio de Janeiro: LTC, 2018. 141 p.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular BNCC**

BRASIL. Ministério de Educação. **Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional**. Diário Oficial União de 23/12/1996, BRASILIA(DF): MEC/DOU, 1996.

CARNEIRO, M. A. **BNCC fácil: decifra-me ou te devoro: 114 questões e respostas para esclarecer as rotas de implementação da BNCC**. Petrópolis: Vozes, 2020. 292 p.

ENKVIST, I. **Repensar a educação**. São Caetano do Sul: Bunker Editorial, 2006. 81p.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2013. 201 p.

GAUTHIER, C.; BISSONNETTE, S.; RICHARD, M. **Ensino explícito e desempenho dos alunos: a gestão dos aprendizados**. Petrópolis: Vozes, 2014. 334 p.

GAUTHIER, C.; TARDIF, M. **A pedagogia**. 3. ed., Petrópolis: Vozes, 2014. 477 p.

HALLIDAY, R.; WALKER, J. **Fundamentos da Física: gravitação, ondas e termodinâmica**. Tradução e Revisão Técnica de Ronaldo Sérgio de Biasi. v.2, Rio de Janeiro: LTC, 2016.

HEWITT, P. G. **Física conceitual**. Tradução de Trieste Freire Ricci. 12. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

HOUAISS. **Dicionário**. Disponível em: <<https://dicio.com.br/houaiss>>. Acesso em: 06 de ago. de 2021.

KALHIL, J. B.; BATISTA, M. G. P.; RAMÍREZ, I. R. **A didática da física: dos métodos à avaliação**. Manaus: Edições UEA, 2013. 126 p.

KARL R. POPPER. *A lógica da pesquisa Científica*. Tradução de Leonidas Hegenberg e

Octanny Silveira da Mota.2.ed., São Paulo:Cultrix, 2013.

KNIGHT, R. **Física 2: uma abordagem estratégica**. Tradução de Iuri Duquia Abreu. 2. ed. v 2. Porto Alegre: Bookman,2009

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica**. 5.ed., São Paulo: Edgard Blucher, 2014.

OLIVEIRA, T. E. de; ARAÚJO, I. S.; VEIT, E. A. **Sala de aula invertida (flipped classroom): inovando as aulas de física**. *Física na Escola*, v. 14, n. 2, 2016.

QUILBÃO, M. P. *et al.* **Investigando a Compreensão** Conceitual em Física de Alunos de Graduação em Cursos de Ciências, Engenharias e Matemática. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 41(2), 2019.

SEARS, F. W.; SALINGER, G. L.**Termodinâmica, Teoria Cinética e Termodinâmica Estatística**.3.ed. Traduzido por Sérgio Murilo Abrahilo. Rio de Janeiro: Guanabara Dois S.A., 1979.

TIPLER, P.A.; MOSCA, G. **Física para cientistas e engenheiros. Mecânica, oscilações e ondas, Termodinâmica**. 6. ed. Tradução e Revisão Técnica de Paulo Machado Mors. São Paulo: LTC/Grupo Gen, 2009.

WILLINGHAM, D. T. **Por que os alunos não gostam da escola?** Resposta da ciência cognitiva para tornar a sala de aula atrativa e afetiva. Porto Alegre: Artmed, 2011. p. 206

ZABALA, A. **A Prática Educativa: como ensinar**. Trad. Ernani F. Da F. Rosa. Porto Alegre: ArtMed,1998