



UESB

UNIVERSIDADE ESTADUAL
DO SUDOESTE DA BAHIA



SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS - DCET
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
POLO 62

Nelson Novais Júnior

**UMA UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA PARA O
ENSINO DE CONCEITOS DE TERMODINÂMICA SOBRE ELEMENTOS DA
TERMORREGULAÇÃO DOS SERES VIVOS**

VITÓRIA DA CONQUISTA – BAHIA
2023

**UMA UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA PARA O
ENSINO DE CONCEITOS DE TERMODINÂMICA SOBRE ELEMENTOS DA
TERMORREGULAÇÃO DOS SERES VIVOS**

Dissertação apresentada ao Polo 62 do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB) como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Área de concentração: Ensino de Física. O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Orientador: Professor Dr. Luizdarcy de Matos Castro

Coorientador: Professor Dr. Jorge Anderson Paiva Ramos

N821u

Novais Júnior, Nelson.

Uma unidade de ensino potencialmente significativa para o ensino de conceitos de termodinâmica sobre elementos da termorregulação dos seres vivos. / Nelson Novais Júnior, 2023.

220f. il.

Orientador (a): Dr. Luizdarcy de Matos Castro.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós Graduação do Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF, Vitória da Conquista, 2023.

Inclui referência F. 191 - 220.

1. Ensino de Física - Termodinâmica. 2. Aprendizagem Significativa. 3. Unidade de Ensino Potencialmente Significativa. 4. Mapas Conceituais. I. Castro, Luizdarcy de Matos. II. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física- MNPEF. IV. T.

CDD 536.7

Catálogo na fonte: Juliana Teixeira de Assunção – CRB 5/1890

Bibliotecária UESB – Campus Vitória da Conquista -BA



ATA DE BANCA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Aos dezanove dias do mês de maio de 2023, às 9h00, por meio da plataforma virtual *Google Meet*, de conta institucional da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, campus de Vitória da Conquista, instalou-se a Banca Examinadora para avaliação da dissertação intitulada "*Uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa para o Ensino de Conceitos da Termodinâmica sobre Elementos da Termorregulação dos Seres Vivos*", de autoria de Nelson Novais Júnior, discente do Programa de Pós-Graduação Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. A banca examinadora foi presidida pelo professor Dr. Luizdarcy de Matos Castro, orientador do mestrando e contou com a participação do professor Dr. Wandearley da Silva Dias e do professor Dr. Carlos Alexandre dos Santos Batista, na condição de examinadores; tendo sido APROVADA. Entretanto, para que o respectivo título possa ser concedido, com as prerrogativas legais dele advindas, o exemplar definitivo da referida dissertação deverá ser entregue(enviada), na secretaria do mestrado, em um prazo máximo de 60 (sessenta) dias, com as alterações e/ou correções sugeridas pelos membros da banca, para que possa ser homologado pelas instâncias competentes da UESB.



Documento assinado eletronicamente por **Luizdarcy de Matos Castro, Professor Titular**, em 19/05/2023, às 12:37, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 13º, Incisos I e II, do [Decreto nº 15.805, de 30 de dezembro de 2014](#).



Documento assinado eletronicamente por **Carlos Alexandre dos Santos Batista, Professor**, em 19/05/2023, às 12:42, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 13º, Incisos I e II, do [Decreto nº 15.805, de 30 de dezembro de 2014](#).



Documento assinado eletronicamente por **Wandearley da Silva Dias, Usuário Externo**, em 19/05/2023, às 15:06, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 13º, Incisos I e II, do [Decreto nº 15.805, de 30 de dezembro de 2014](#).



Documento assinado eletronicamente por **Nelson Novais Júnior, Usuário Externo**, em 19/05/2023, às 15:28, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 13º, Incisos I e II, do [Decreto nº 15.805, de 30 de dezembro de 2014](#).



Documento assinado eletronicamente por **Cristina Porto Gonçalves, Coordenador(a) do Programa**, em 19/05/2023, às 15:37, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 13º, Incisos I e II, do [Decreto nº 15.805, de 30 de dezembro de 2014](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://seibahia.ba.gov.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **00067424195** e o código CRC **9638CF90**.



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA - UESB
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO - PPG
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL
EM ENSINO DE FÍSICA - MNPEF
Área de concentração: Ensino de Física



**UMA UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA PARA O
ENSINO DE CONCEITOS DE TERMODINÂMICA SOBRE ELEMENTOS DA
TERMORREGULAÇÃO DOS SERES VIVOS**

AUTOR: NELSON NOVAIS JÚNIOR

DATA DE APROVAÇÃO: 19 de maio de 2023

Este exemplar corresponde à versão final da Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, em convênio com a Sociedade Brasileira de Física – SBF, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Área de concentração: Ensino de Física.

COMISSÃO JULGADORA

Documento assinado digitalmente
gov.br LUIZDARCY DE MATOS CASTRO
Data: 04/10/2023 18:28:55-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Luizdarcy de Matos Castro
Presidente da Banca Examinadora/Orientador

Documento assinado digitalmente
gov.br CARLOS ALEXANDRE DOS SANTOS BATISTA
Data: 04/10/2023 18:35:57-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Carlos Alexandre dos Santos Batista
Examinador interno

Documento assinado digitalmente
gov.br WANDEARLEY DA SILVA DIAS
Data: 04/10/2023 18:59:07-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Wandearley da Silva Dias
Examinador externo

2023



Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Ensino de Física - MNPEF
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB
Estrada do Bem Querer Km, 04, Vitória da Conquista - BA
CEP: 45031-300



DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais (*in memoriam*), ao meu Tio Jura (*in memoriam*), à minha amada esposa, Maria Lúcia e aos meus filhos, Aurea Maria (Aurinha) e Nelson (Nelsinho).

AGRADECIMENTOS

A **Deus** pelo Dom da Vida.

À **minha família** pelo incentivo e pelo apoio ao longo do curso.

Aos **Professores** do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), Polo 62, por todo profissionalismo e empenho durante as aulas em contexto de pandemia de COVID-19.

Aos meus orientadores **Prof. Dr. Luizdarcy de Matos Castro** e **Prof. Dr. Jorge Anderson Paiva Ramos**, exemplos de profissionalismo e de dedicação à educação.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES)** – Código de Financiamento 001.

À **Sociedade Brasileira de Física** pelo trabalho realizado junto ao Polo 62-UESB.

Aos **colegas do MNPEF** pela companhia e aprendizado.

Aos **estudantes** que participaram deste trabalho.

Ao **Colégio Estadual Abdias Menezes (CEAM)** que permitiu a implementação deste trabalho.

RESUMO

Este trabalho possui como objetivo contribuir para o ensino e a aprendizagem dos conceitos de Termodinâmica por meio da elaboração, construção e avaliação de uma sequência didática oriunda de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) tendo como teoria de base a Aprendizagem Significativa de David Ausubel e a configuração proposta por Marco Antônio Moreira. O trabalho foi realizado na turma do 2º Ano do Ensino Médio do Colégio Estadual Abdias Menezes (CEAM), na cidade de Vitória da Conquista, Bahia, com a finalidade de estimular nos estudantes a vocação para a compreensão científica dos fenômenos naturais. Diversos recursos didáticos foram utilizados (textos, vídeo, experiências de baixo custo, jogo cooperativo, recursos infomáticos, construção de mapas mentais, atividades individuais e em grupos) no processo das etapas da UEPS. Durante o processo de intervenção várias evidências de aprendizagem significativa foram detectadas, por exemplo, respostas ao questionário, relatórios, participação dos estudantes, demonstrando o êxito da aprendizagem significativa neste trabalho.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino de Física; Aprendizagem Significativa; Unidade de Ensino Potencialmente Significativa; Termodinâmica; Mapas Conceituais.

ABSTRACT

This work aims to contribute to the teaching and learning of Thermodynamics concepts through the elaboration, construction and evaluation of a didactic sequence from a Potentially Significant Teaching Unit (PSTU) based on the Meaningful Learning of David Ausubel and the configuration proposed by Marco Antônio Moreira. The work was carried out in the class of the 2nd year of high school at *Colégio Estadual Abdias Menezes (CEAM)*, in the city of Vitória da Conquista, Bahia, with the aim of encouraging students to have a vocation for scientific understanding of natural phenomena. Several didactic resources were used (texts, video, low-cost experiences, cooperative games, computer resources, construction of mind maps, individual and group activities) in the process of the stages of the PSTU. During the intervention process, several evidences of significant learning were detected, e.g. quiz responses, reports, student participation demonstrating the success of meaningful learning in this work.

KEYWORDS: Physics Teaching; Meaningful Learning; Potentially Significant Teaching Unit. Thermodynamics; Concept maps.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Diagrama de Gowin.....	43
Figura 02: Aprendizagem Significativa X Mecânica.....	48
Figura 03: Exemplo de Nuvem de Palavras.....	49
Figura 04: Sistemas Termodinâmicos.....	55
Figura 05: Sistema Pistão-Cilindro.....	56
Figura 06: Relatividade da Sensação Térmica.....	59
Figura 07: Réplica Termoscópio de Galileu.....	62
Figura 08: Trabalho de uma Força.....	64
Figura 09: Diagrama Pressão X Volume.....	67
Figura 10: Balanço de Energia Interna de um Sistema Termodinâmico.....	68
Figura 11: Ciclos Termodinâmicos na Máquina Térmica.....	71
Figura 12: Ciclo Termodinâmico.....	72
Figura 13 Trabalho no Ciclo Termodinâmico.....	73
Figura 14: Natureza do Trabalho Termodinâmico.....	74
Figura 15: Ciclo de Carnot.....	79
Figura 16: Ciclo da Máquina de Carnot.....	80
Figura 17: Diagrama Pressão (P) X Volume (V).....	81
Figura 18: Função Termodinâmica na via Enzimática.....	86
Figura 19: Vídeo “Você se cobriu errado a vida inteira? Nós testamos!”.....	100
Figura 20: Link Nuvem de Palavras (<i>Mentimeter</i>)	101
Figura 21: Estrutura da Atividade 1.....	111
Figura 22: Exemplo de resposta correta.....	116
Figura 23: Exemplo de resposta inacabada.....	117
Figura 24: Exemplo de ausência de resposta.....	118
Figura 25: Exemplos de resposta incorreta.....	119
Figura 26: Discussão da Atividade 1.....	120
Figura 27: Manual do Mundo (<i>Youtube</i>)	121
Figura 28: Manual do Mundo (<i>Youtube</i>)	122
Figura 29: Nuvem de Palavras da Turma.....	124
Figura 30: Aula Expositiva e Dialogada com a Turma.....	126
Figura 31: Discussão em grupos.....	127
Figura 32: Material básico para construção do Termoscópio.....	128.
Figura 33: Termoscópio de baixo custo.....	130
Figura 34: Termoscópio de baixo custo.....	132
Figura 35: Medida da variação na coluna do Termoscópio.....	133
Figura 36: Elaboração do relatório sobre experimento do Termoscópio.....	133
Figura 37: Resposta do aluno E05.....	134
Figura 38: Resposta do aluno E22.....	135
Figura 39: Resposta do aluno E05.....	135
Figura 40: Resposta do aluno E10.....	136
Figura 41: Resposta do aluno E13.....	137
Figura 42: Modelo de dado disponível no mercado (esquerda) e fabricado (direita)	138
Figura 43: Jogo de Trilha.....	139
Figura 44: Alunos jogando trilha.....	141
Figura 45: Resposta do Grupo 4.....	142
Figura 46: Resposta do Grupo 2.....	142
Figura 47: Resposta do Grupo 4.....	143
Figura 48: Resposta do Grupo 3.....	143
Figura 49: Construção dos Mapas Mentais.....	145
Figura 50: Mapas Mental do estudante E15.....	147

Figura 51: Mapa Mental do estudante E09.....	148
Figura 52: Mapa Mental do estudante E26.....	149
Figura 53: Mapa Mental do estudante E29.....	150
Figura 54: Mapa Mental do estudante E17.....	151
Figura 55: Atividade Final.....	152
Figura 56: Resposta do Estudante E02.....	153
Figura 57: Resposta do Estudante E20.....	153
Figura 58: Resposta do Estudante E34.....	154

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Cronograma da UEPS.....	107
Tabela 02: Nível de desempenho percentual da turma Atividade 1.....	109
Tabela 03: Nível de acertos por questão.....	114
Tabela 04: Jogo de Trilha.....	140
Tabela 05: Categorias presentes nos Mapas Mentais.....	146

LISTA DE ABREVIATURAS

AC- Atividade Complementar

AEE- Atendimento Educacional Especializado

AS- Aprendizagem Significativa

BNCC- Base Nacional Curricular Comum

CAPES- Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CEAM- Colégio Estadual Abdias Menezes

CIA- *Central Intelligence Agency* (Agência Central de Inteligência dos Estados Unidos da América)

DCRB- Documento Curricular Referencial do Estado da Bahia

DIREC- Diretoria Regional de Educação e Cultura do Governo do Estado da Bahia

D.O.- Diário Oficial do Estado da Bahia

EMBASA- Empresa Baiana de Águas e Saneamento S.A.

ENEM- Exame Nacional do Ensino Médio

LDB- Lei de Diretrizes e Bases da Educação

MEC- Ministério da Educação do Brasil

MHS- Movimento Harmônico Simples

NASA- *National Aeronautics and Space Administration* (Administração Nacional de Aeronáutica e Espaço dos Estados Unidos da América)

NTE- Núcleo Territorial de Educação

PPP- Projeto Político Pedagógico

RFB- República Federativa do Brasil

SEC- Secretaria de Educação do Estado da Bahia

SRM- Secretaria de Registro e Matrícula

TAS- Teoria da Aprendizagem Significativa

TIC- Tecnologia da Informação e Comunicação

UEE- Unidade Escolar de Ensino

UEPS- Unidade de Ensino Potencialmente Significativa

US Navy- Marinha dos Estados Unidos da América

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL.....	14
1.1 Contextualização.....	14
1.2 Justificativa.....	17
1.3 Questão norteadora da pesquisa.....	18
1.4 Hipóteses.....	18
1.5 Estrutura do trabalho.....	19
2 APRESENTAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DA UNIDADE ESCOLAR DE ENSINO	20
2.1 Visão, Missão, Objetivos e Metas da Unidade Escolar de Ensino.....	24
2.2 Histórico de Implementação da Unidade Escolar de Ensino.....	25
2.3 Diagnóstico dos estudantes do Ensino Médio.....	29
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	40
3.1 Dissertações sobre Ensino de Termodinâmica.....	40
3.2 Contribuições da Revisão Bibliométrica.....	49
4- A TEORIA DE APRENDIZAGEM DA UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA (UEPS).....	51
4.1 Diagrama Vê Epistemológico ou Vê de Gowin.....	65
4.2 Aprendizagem Mecânica e Aprendizagem Significativa: antecedentes, condicionantes e situação atual.....	72
4.3 Levantamento de subsunçores.....	78
5- FUNDAMENTOS DA TERMODINÂMICA.....	82
5.1 Ensino de Termodinâmica.....	88
5.2 Temperatura, Calor, Trabalho e Energia Interna de um corpo.....	86
5.3 Leis da Termodinâmica.....	100
5.4 Importância da Regulação Térmica nos Seres Vivos.....	114
6 PROCEDIMENTOS DIDÁTICO-METODOLÓGICOS.....	119
7- INTERVENÇÃO EM SALA DE AULA.....	126
7.1 Contexto da Pesquisa e Descrição da turma.....	126
7.2 Preparação para a aplicação da UEPS.....	127
7.3 Aspectos sequenciais da UEPS.....	127
7.4 Definição do Conteúdo Abordado.....	128
7.5 Levantamento de Conhecimentos Prévios.....	129
7.6 Situações-problema em Nível Introdutório.....	130
7.7 Apresentação do Conhecimento a Ser Ensinado/Aprendido.....	132
7.8 Retomar os Aspectos mais Gerais em Nível mais Alto de Complexidade.....	134
7.9 Concluir a Unidade (Diferenciação Progressiva e Reconciliação Integrativa)	135
7.10 Avaliação da Aprendizagem através da UEPS.....	135
7.11 Análise do êxito da aplicação da UEPS.....	136
7.12 Cronograma de aplicação da UEPS.....	136
8- RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	139
8.1 Análise do Questionário de Levantamento de Conhecimentos Prévios.....	139
8.2 Investigações das respostas das Situações-problema em Nível Introdutório.....	154
8.3- Análise da apresentação do Conhecimento a ser Ensino/Aprendido.....	157
8.4 Resultados da atividade experimental.....	162
8.5 Medida da Temperatura.....	165
8.6 Efeitos do Calor.....	167
8.7 Efeito do Calor nos Seres Vivos.....	169
8.8 Mapas Mentais.....	176
8.9 Análise da Atividade de Conclusão da UEPS.....	185
8.10 Evidências de Aprendizagem na UEPS.....	188
9 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	189
10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	191

1- INTRODUÇÃO GERAL

Este trabalho apresenta a construção de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) para o ensino dos fundamentos da Termodinâmica em uma sala de aula do ensino médio. O potencial pedagógico deste instrumento metodológico possibilita ao professor implementar sua estratégia de ensino levando em consideração, por exemplo, a interdisciplinaridade dos conteúdos.

Uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) é uma “*sequência didática fundamentada teoricamente e direcionada para a aprendizagem significativa, não mecânica, que pode ser usada na pesquisa aplicada em ensino, voltada diretamente para sala de aula, tendo como foco a construção de atividades*” (SANTANA, 2019, p. 15) sobre Termodinâmica.

A unidade de ensino potencialmente significativa foi desenvolvida em uma turma do 2º ano do ensino médio do Colégio Estadual Abdias Menezes (CEAM, no turno matutino, na cidade de Vitória da Conquista, estado da Bahia, ainda com o ensino regular segundo a modalidade de ensino parcial com o intuito de implementar uma aprendizagem significativa do conteúdo.

Dessa forma, com o aumento significativo do número de turmas assim como o número de 44 alunos por turma (DCRB, 2022), no caso da Bahia, a carga horária e a jornada de trabalho tornam-se exaustivas no dia-a-dia. A aprendizagem significativa para os estudantes pode ser realizada por meio e através de novos instrumentos e estratégias que levem em conta tanto a realidade do aluno e as condições de trabalho.

1.1 - Contextualização

A aprendizagem significativa no ensino de Física é uma busca constante dos diversos teóricos da educação e dos operadores dos processos educativos. A Termodinâmica é uma parte da Física com conexões em diversos âmbitos da vida dos estudantes que pode ir desde as aplicações tecnológicas até na regência de diversos fenômenos naturais.

O ensino de Física baseado na ênfase de equações e resoluções de exercícios torna a aprendizagem mecanicista (MOREIRA, 2018, p. 74). Uma aprendizagem mecanicista possui data de validade, sendo logo esquecida pelos estudantes.

O conhecimento científico permeia praticamente todos os campos de ação humana. O indivíduo sente a necessidade de compreender um dado fenômeno natural ou mesmo o

funcionamento de um aparelho elétrico ou o motivo pelo qual os seres vivos possuem uma determinada temperatura.

Para sanar esta lacuna de entendimento realizam-se pesquisas por conta própria na qual utiliza fontes duvidosa ou mesmo fontes com distorções, aquelas na qual não se utiliza o método e o rigor científico. O presente momento remonta às concepções pseudocientíficas.

Adiciona-se a isso a velocidade de difusão dos meios de comunicação e tem-se a massa crítica para devaneios de toda ordem como fora visto durante a pandemia de COVID-19 de forma mais emblemática.

Mudanças no ensino de Física com vistas a uma aprendizagem significativa dos conteúdos diante deste contexto preconiza o regaste e um novo papel do professor e da escola.

A dependência administrativa da escola limita as mudanças de organicidade e dinâmica. Mas na sala de aula o professor pode manejar seu ofício com novas tecnologias.

Esse repensar docente na escola visa melhorar o ensino, de forma geral, e o ensino de Física, de forma mais específica, de tal forma que alcance o filho do trabalhador mais socialmente vulnerável.

Esse alcance e espectro de ação dota os estudantes de meios para uma ação cidadã voltada para seu crescimento pessoal e sustentabilidade social, rompendo com padrões excludentes e restritivos que vigoram em uma sociedade de natureza e dinâmica escravagista como o é a sociedade brasileira.

O autor deste trabalho possui 25 anos de docência na rede estadual da Bahia. Diversas mudanças ocorreram ao longo deste tempo. Mas a prática docente não acompanhou tal evolução. A Física é a ciência que busca a compreensão dos fenômenos naturais. Essa concepção deveria estar presente na mentalidade dos alunos do ensino médio quando do estudo da disciplina. Infelizmente na maioria das vezes, isso não ocorre. O distanciamento entre essa concepção e a realidade da sala de aula é bem distinta. Em geral, o ensino de Física é visto como mecanicista e automatizante com o objetivo de superar exames e provas de escolares e de admissão em qualquer outra instituição. Nesse sentido, aponta a literatura acadêmica (MOREIRA, 2014, p. 02):

[...] o ensino da Física na educação contemporânea é desatualizado de conteúdos e tecnologias, centrado no docente, comportamentalista, focado no treinamento para as provas e aborda a Física como uma ciência acabada, tal como apresentada em um livro de texto. (MOREIRA, 2014, p.02)

O mecanicismo que permeia o ensino de Física nas escolas públicas e privadas do Brasil leva os estudantes a uma visão míope da Física e não propicia uma aprendizagem dessa ciência com significado.

A dependência administrativa da escola engessa parcialmente a dinâmica que ocorre no processo de ensino de Física, mas o repensar do ofício docente em sala de aula pode ser alterado pelo próprio professor sem dependência alguma a não dele mesmo.

Tais mudanças no fazer a docência busca a utilização dos meios de evolução propiciados pelos tempos tecnológicos e pela teoria pedagógica.

Aspectos como contextualização (social, econômica, ambiental, política), as simulações, os experimentos de baixo custo e com material reclinável, os laboratórios virtuais, as leituras históricas, a internet devem ser utilizados pelo professor, pois permitem ao estudante os recursos para sua formação pautada pela cidadania e inclusão.

O papel de formador e propiciador de melhorias sociais advém da sustentabilidade da formação dos estudantes em maior vulnerabilidade social no seio de uma sociedade de natureza e dinâmica escravagista como o é a sociedade brasileira.

Apesar do autor deste trabalho ter tido uma formação no ensino médio e superior pautado pela resolução mecânica de problemas de Física voltados para certames de admissão em instituições, compreende o papel que julga hoje o desenvolvimento de novas tecnologias e meios de ensino de Física. Aqui se inclui a unidade de ensino potencialmente significativa.

A unidade de ensino potencialmente significativa é um instrumento que possibilita a aprendizagem significativa por meio da interação evolutiva entre conteúdo, professor e aluno. A conjugação desse trinômio ocorre através de etapas ou fases que permitem retroalimentar o processo durante sua evolução. Essa capacidade de resiliência pedagógica é que dota, pedagogicamente, a capacidade de aprendizagem significativa de uma unidade de ensino potencialmente significativa, inclusive da forma crítica (PREDELLA, 2014, p. 17).

A orientação da construção da unidade de ensino potencialmente significativa e, conseqüentemente, do produto educacional foi baseado na intimidade que possui a Termodinâmica com diversas outras áreas científicas, tais como Biologia e Química. A experiência de aprendizagem no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), realizado em tempos de pandemia, revigorou no autor sua motivação para enveredar pela construção de novas estratégias para o ensino de Física.

Sob a singular orientação dos Professores, notadamente Dr. Luizdarcy de Matos e Dr. Jorge Anderson Paiva, este trabalho sucinta encontra um ensino de Física que passa por mudanças substanciais, e que tais mudanças possam favorecer nossos estudantes!

São escassos os trabalhos acadêmicos de mestrado, profissional ou acadêmicos, no qual se encontra a interface entre duas áreas do conhecimento.

Após anos de ensino de Física, o presente trabalho não só toca os estudantes, nossos parceiros na jornada da vida, mas toca também ao estudante que escreve estas palavras. A aprendizagem foi mútua.

1.2 - Justificativa

As novas orientações curriculares emanadas dos textos legais como a BNCC e DCRB visam coordenar o ensino de Física nas escolas baianas. Com relação à DCRB a Termodinâmica tem como objetivo “Compreender a composição e as variáveis termodinâmicas relacionadas ao funcionamento de sistemas térmicos, realizando previsões a seu respeito” (BAHIA, 2022, p.515).

No citado documento do Governo do Estado da Bahia, na parte referente aos itinerários formativos dos Componentes Curriculares do itinerário formativo integrado de Linguagens e suas Tecnologias e Ciências da Natureza e suas Tecnologias - narrativas da Investigação Científica, disciplina Saberes e Sabores (BAHIA, 2022, p. 316), declara:

Reflexão dos/as estudantes sobre a escolha dos alimentos. Associação dos principais tipos de nutrientes e sua alimentação diária. Interpretação dos rótulos dos alimentos. Utilização do espaço da cozinha como um laboratório (biotecnologia). Discussão dos conceitos da termodinâmica na elaboração de compotas ou conservas caseiras. Investigação sobre a dilatação térmica dos materiais na cozinha. Experimentação das reações químicas e biológicas que ocorrem nos alimentos em nossa cozinha. Demonstração dos fatores que afetam a velocidade de uma reação. Experimentação na cozinha. (BAHIA, 2022, p. 316)

O documento apregoa em sua ementa que o ensino de Termodinâmica faz interface com outras disciplinas como a Biologia e a Química. Também, depreende-se do mesmo que a experimentação baseada em recursos do cotidiano do aluno seja feita, pois permite conectar a teoria com a prática dentro de um contexto de aprendizagem significativa.

Dessa forma, a inserção deste conteúdo junto aos discentes cumpre um duplo objetivo. Por um lado, busca prepará-los para a compreensão dos avanços científicos e sua aplicabilidade nos diversos âmbitos da vida humana. E, por outro, busca suprimir os conceitos equivocados e errôneos acerca da Física.

Ademais, tornar mais estimulantes as aulas de Física no ensino básico visando promover uma cultura científica na sociedade para propiciar futuras carreira científica nos estudantes bem como o desenvolvimento econômico da nação.

Perpassa, também, por combater o denominado analfabetismo científico. Entendido este como uma interpretação realizada a partir de uma matriz de concepções que provêm do empirismo e do senso-comum dos estudantes acerca dos fenômenos térmicos e seus campos teóricos e não como uma versatilidade da aprendizagem que se cristaliza no cognitivo estudantil de forma perene e sustentável possibilitando ao mesmo um cabedal de conhecimento que emerge de maneira periférica quando ao menor estímulo.

1.3 – Questão norteadora da pesquisa

O desenvolvimento e construção desta Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) foi motivada pelas dificuldades e obstáculos encontrados pelos estudantes na aprendizagem de Termodinâmica e pela necessidade de traçar caminhos para uma aprendizagem significativa.

A questão norteadora de pesquisa se apresenta por meio da pergunta: Como desenvolver, construir e aplicar uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) no estudo da Termodinâmica?

1.4 – Hipóteses da pesquisa

Neste trabalho são consideradas as seguintes hipóteses para validade:

- A prévia existência de conhecimentos na estrutura cognitiva dos estudantes sobre Termodinâmica.
- Propor situações-problema por meio de leitura, discussão, experimentação de baixo custo, mapas mentais, vídeos, jogos e atividades atuando como organizadores prévios.
- Promover atividades contextualizadas objetivando motivar os estudantes no processo ensino-aprendizagem.
- Verificar a potencialidade da Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) por meio do conjunto de evidências gerado no processo.

1.5 – Estrutura do trabalho

O presente trabalho está estruturado segundo as orientações do Mestrado Nacional Profissional em Física (MNPEF) e obedece aos regulamentos e normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Sua estrutura é composta por 09 capítulos.

O primeiro capítulo de Introdução Geral visa estabelecer o conjunto da obra assim como todo o processo de geração da mesma.

O segundo capítulo consiste em uma apresentação e identificação da unidade escolar de ensino com a finalidade de perfilar o quadro institucional em termos de projeto político-pedagógico e de grupo estudantil.

O terceiro capítulo refere-se Revisão Bibliográfica sobre Dissertações que tratam do ensino de Termodinâmica no nível médio.

O quarto capítulo é destinado ao arcabouço teórico pedagógico. Nesse aspecto, optou-se por dividir essa parte da teoria de base pedagógica em dois pontos, a saber: o primeiro refere-se ao contexto e pressupostos da Teoria da Aprendizagem Significativa, e, o segundo, trata dos aspectos relacionados com a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica de Marco Antônio Moreira.

O quinto capítulo aborda os Fundamentos da Termodinâmica e divide-se em Ensino de Termodinâmica; Temperatura, Calor, Trabalho e Energia Interna de um corpo; Leis da Termodinâmica e Importância da Regulação Térmica nos Seres Vivos.

O sexto capítulo apresenta os Procedimentos Didáticos-Metodológicos utilizados na construção da UEPS e como vetor na intervenção em ambiente escolar.

O sétimo capítulo é destinado ao processo de configuração da Intervenção em Sala de Aula no qual são destacados aspectos próprios da UEPS.

O oitavo capítulo objetiva aos Resultados e Discussões onde se expõem e justificam as evidências da aprendizagem significativa.

E, por fim, mas não menos importante, o nono capítulo que objetiva a conclusão desta dissertação nas Considerações Finais por meio das quais são emitidos juízos de valor acerca da construção e validação da UEPS desenvolvida.

2- Apresentação e identificação da Unidade Escolar de Ensino

O Colégio Estadual Abdias Menezes (CEAM), com CNPJ 13.937.065/0001-00, situado na Avenida Rosa Cruz s/n, Bairro Recreio, em Vitória da Conquista, estado da Bahia, é uma instituição de porte especial, funcionando nos turnos matutino e vespertino com alunos matriculados no nível de Ensino Médio; e no turno noturno funcionando na extensão Lagoa das Flores com o Ensino Médio (BAHIA, 2022). Essa instituição é mantida pelo Governo do Estado da Bahia através da Secretaria de Educação do Estado da Bahia com Ato de Criação Nº 7.916 – D.O. de 08/02/77 e D. O. de 05/09/85.

O CEAM apresenta alguns aspectos de acessibilidade, como o piso tátil no passeio, na recepção, direção, secretaria e até as 3 primeiras salas internas, 1 banheiro adaptado para cadeirante, entrada de salas de aulas e disposição de móveis acessíveis, contudo, o acesso para a sala de leitura necessita de rampa, assim como o acesso às 2 quadras de esporte.

As dependências da escola apresentam (BAHIA, 2022): 1 sala de direção, 1 sala de secretaria, 18 salas de aula (13 funcionando pela manhã; 8 pela tarde e 1 para guardar instrumentos musicais e materiais eletrônicos); 2 salas de aulas interditadas; 2 Salas de Recursos Multifuncionais, sendo 1 delas compartimentadas em 4 salas menores; 1 biblioteca com sala de leitura; 1 auditório; 1 almoxarifado; 1 Laboratório de Ciências; 1 cozinha; 1 depósito de livros; 2 depósito de alimentos (merenda escolar); 1 banheiro para funcionários; 1 sala para professores com 2 banheiros para professores; 1 sala de Coordenação Pedagógica com 1 banheiro; 3 banheiros para estudantes, sendo um deles adaptado para cadeirante; 1 pequena sala de apoio para os profissionais responsáveis pela segurança; 1 sala de apoio para os profissionais; 1 mecanografia; 2 quadras de futsal descobertas; 2 salas de arquivo (morto e ativo).

O Anexo Lagoa das Flores (turno noturno) funciona na Escola Municipal Professora Marlene Flores em parceria com a Secretária Municipal de Educação do município de Vitória da Conquista, utilizando 5 salas de aula. Sua importância está pela localização rural de difícil acesso.

A escola possui ligação a Rede de abastecimento de água tratada e rede de esgoto (serviço prestado pela Empresa Baiana de Águas e Saneamento S.A. – Embasa).

O CEAM possui 25 *chromebooks* acompanhados de 25 carregadores e um suporte para carregar todos ao mesmo tempo. Os equipamentos disponíveis no CEAM são: 5 data-show; 1 fogão industrial; 1 microondas; 3 liquidificadores; 3 frízeres; 2 geladeiras; 2 fornos; 6 ar

condicionados funcionando (1 na sala da direção, 1 na mecanografia, 1 na sala da coordenação, 1 na sala de música; 1 no Auditório e 1 não instalado); 11 televisores instaladas nas salas de aula; 2 televisões para sala de recursos educacionais; 4 cabos para microfones; 3 caixas de som amplificadas; 1 impressora e 1 computador da SRM; 1 impressora na sala da direção; 2 impressoras na secretaria; 3 máquinas Braille e 4 *notebooks*, sendo utilizados na área administrativa, e 2 *notebooks* na sala de recursos multifuncionais.

As atividades educacionais desenvolvidas no Colégio Estadual Abdias Menezes (CEAM) são pautadas em uma perspectiva do ser humano em todas as suas dimensões: afetiva, cognitiva, econômica social e ambiental, procurando formar pessoas conscientes do seu papel em um mundo acessível a todos (BAHIA, 2022). Para isso, as ações pedagógicas do CEAM, têm uma perspectiva inclusiva, na qual a diversidade humana é fomentada com naturalidade.

Desta forma, foi discutido desde 2019, sendo elaboradas diversas análises e construções para se chegar ao atual. E entendemos que sua construção se faz ao longo do processo ensino aprendizagem durante o ano letivo, bem como, por mudanças estruturais que a SEC orienta e determina.

Sendo assim, a Secretaria Estadual de Educação em 2021 publicou o documento - Orientações metodológicas para (re) elaboração dos projetos político pedagógicos à luz do Documento Curricular Referencial do Estado da Bahia (DCRB) esclarecendo as contribuições do monitoramento e avaliação do PPP (BAHIA, 2021, p.71) para as instituições escolares, dentre as quais se destacam:

Aumento da capacidade institucional. Aprimoramento na definição de indicadores. Integração das equipes. Tomada de decisões de forma coletiva, a partir de evidências. Fortalecimento da autonomia da escola. Soma de esforços para a obtenção dos resultados pretendidos. Compartilhamento das decisões. Descentralização do poder. Fortalecimento das ações colegiadas. Integração e simplificação dos processos. Aprimoramento dos atos e processos institucionais. Fortalecimento de mecanismo de diálogo com a comunidade escolar. Transparência na prestação de contas. Desenvolvimento da capacidade da equipe (BAHIA, 2021, p.71).

As bases legais para construção do PPP estão fundamentadas na Constituição Federal de 1988, capítulo III, da educação, da cultura e do desporto seção I da educação, através dos princípios para educação brasileira pautados no Artigo 206º, com destaque para o parágrafo VI que defende a gestão democrática do ensino público, na forma da lei.

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Básica 9394/96 defende em seu Artigo 2º que a educação, como dever da família e do Estado, inspirada nos princípios de liberdade e nos ideais de solidariedade humana, tem por finalidade o pleno desenvolvimento do educando, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho. Para garantia dessas

finalidades, essa mesma lei determina em seu Artigo 12º, parágrafo I que os *“estabelecimentos de ensino, respeitadas as normas comuns e as do seu sistema de ensino, terão a incumbência de elaborar e executar sua proposta pedagógica”*.

Nesse sentido, a Portaria da Secretaria de Educação da Bahia de nº 5.872 de 15 de julho de 2011 que aprovou o Regimento Escolar das Unidades escolares da Bahia no seu Artigo 32º define o PPP como: instrumento indispensável à organização e funcionamento da unidade escolar, expressando a sua identidade e definindo as bases políticas, filosóficas e pedagógicas que fundamentam a sua ação educativa no exercício da sua autonomia pedagógica e administrativa, com vistas à garantia do padrão de qualidade no processo educativo (BAHIA, 2011).

Essa Portaria estabelece a elaboração participativa na elaboração, acompanhamento e avaliação do PPP:

§1º A elaboração do projeto político-pedagógico da unidade escolar será orientada pelas diretrizes emanadas pela Secretaria da Educação e envolverá a participação dos professores, coordenadores pedagógicos, professor articulador de área, quando houver, Conselho Escolar e Colegiado Escolar, observando as necessidades e possibilidades da unidade escolar. §2º A Secretaria da Educação, ouvidos os órgãos técnicos, no exercício de suas competências, disporá sobre a sistemática de elaboração, acompanhamento e avaliação do projeto político-pedagógico (BAHIA, 2011).

Diante desses pressupostos legais e científicos fica evidente a necessidade da construção coletiva e participativa do PPP de todos os agentes envolvidos no processo educativo do Colégio Estadual Abdias Menezes para o alcance de seus objetivos e metas estabelecidas e atualizadas mediante as demandas oriundas do processo de ensino e aprendizagem.

A concepção teórica adotada pelo Colégio Estadual Abdias Menezes concebe que a educação deve estar baseada na perspectiva transformadora da sociedade onde as ações e reflexões são os pilares básicos do fazer pedagógico.

Para Paulo Freire, é importante pontuar que nos processos educativos *“não há seres educados e não educados [...] estamos todos nos educandos [...] existem graus de educação, mas estes não são absolutos [...] o homem, por ser inacabado, incompleto, não sabe de maneira absoluta”* (FREIRE, 1979, p.14).

Em todas as ações pedagógicas que se propõem a desenvolver numa Instituição de Ensino é preciso assegurar a unidade coletiva de trabalho entre os profissionais envolvidos, docentes, gestor escolar, entre outros. Para isso, cada um dos envolvidos necessita exercer suas responsabilidades e atuar, coletivamente, para que todos possam obter avanços e resultados com

autonomia e liberdade para pensar, discutir, planejar, construir e executar seu Projeto Político Pedagógico.

2.1- Visão, Missão, Objetivos e Metas da Unidade Escolar de Ensino

Segundo o Projeto Político Pedagógico (BAHIA, 2022) do Colégio Estadual Abdias Menezes constitui a Visão, Missão e Metas desta Unidade Escolar de Ensino:

Visão: Propiciar uma escola de qualidade com a participação coletiva, aberta ao diálogo e que toda a comunidade escolar possa contribuir com suas ideias e ações que visem a melhoria das condições de aprendizagem e de vida escolar de cada aluno.

Missão: Envolver toda a comunidade Escolar – familiares, alunos, professores, funcionários e Colegiado Escolar – através de uma parceria efetiva e de qualidade, em que haja a promoção de uma escola justa, inclusiva, fraterna, solidária, transformadora, comprometida, democrática e responsável, onde seus atores e autores sejam capazes de lutar por seus direitos de cidadãos críticos e autênticos na busca de sua autonomia.

Objetivos: Encaminhar todas as decisões tomadas coletivamente no âmbito escolar para as instâncias governamentais, para que sejam analisadas e possíveis entraves solucionados pelo órgão de sua competência.

✓ Propor uma gestão democrática, em que todas as instâncias colegiadas possam desenvolver ações e tenham espaços de tomada de decisões coletivas que visem a possibilitar acesso e apropriação de conhecimento a todos os alunos.

✓ Promover espaços de formação continuada para os profissionais atualizarem, avaliarem e desenvolverem novas estratégias de melhoria dos processos de ensino e aprendizagem de maneira coletiva, emancipatória e com compromisso ético-político.

Metas: Buscar o apoio e o compromisso do Poder Público (Estado) na oferta e manutenção da educação pública de qualidade no que diz respeito à estrutura física, financeira e educativa.

✓ Implementar o esporte em diversas modalidades de ensino, bem como projetos interdisciplinares, oficinas de música (instrumental e canto coral/solo), momentos de reflexão e integração com a comunidade escolar, oferecendo ao aluno oportunidade de participar de competições e desenvolver a autoestima e autocrítica.

✓ Desenvolver o raciocínio lógico, habilidades de observação, reflexão, análise, síntese e interesse por atividades intelectuais.

✓ Melhorar consideravelmente a qualidade de ensino-aprendizagem, através do empenho do(a) professor(a), num verdadeiro compromisso de educar, para a participação e integração sociocultural do aluno (área urbana, do campo e a pessoa com necessidade especial).

Dessa forma, os elementos que compõem a missão, os objetivos e as metas do Colégio Estadual Abdias Menezes (CEAM) estão em conformidade com os marcos legais na esfera Federal, Estadual e Municipal para o desempenho satisfatório enquanto dependência pública que cumpra sua função social educativa.

Atualmente a escola possui 1.117 alunos de ensino médio distribuídos segundo os turnos: matutino (529 estudantes), vespertino (386 estudantes) e noturno (202 estudantes). A escola atende estudantes de quase todos os bairros da cidade e da zona rural. No seu entorno é instituição que, não tendo o ensino integral, permite que o estudante que necessita estudar e trabalhar possa realizar essas atividades concomitantemente.

A escola teve uma redução no seu número de alunos devido ao fator de que o Ensino Fundamental, de competência legal do município de Vitória da Conquista, não fora permitido pela SEC/BA a abertura de novas turmas, uma vez que, a dependência administrativa do CEAM é Estadual, logo, seu âmbito de atuação é exclusivamente o ensino médio.

Nesse mesmo ano, durante a Feira de Ciências o Jornal já finalizado foi divulgado para toda a comunidade Conquistense, como apresentações culturais (projetos estruturantes), exposição de resultados de pesquisas científicas e parcerias com instituições públicas e privadas de Conquista (área científica e profissional).

Devido ao contexto pandêmico em 2021, o CEAM passou a vivenciar a fase inicial (de março a 25 de julho) de Ensino Remoto Emergencial (aulas síncronas e assíncronas) por meio do Google *Meet*, *Classroom*, cadernos de aprendizagem impressos e em arquivo pdf. A partir de 26 de julho a escola passou para a fase do Ensino Híbrido (divisão das salas em grupos e lotação de 50%). E no mês de outubro desse mesmo ano, a escola entrou para a fase do ensino com 100% das turmas no modelo presencial.

2.2- Diagnóstico dos estudantes do Ensino Médio

O diagnóstico dos estudantes foi realizado a partir da aplicação de um questionário, constituído de 11 questões sobre a condição sócio educacional dos alunos já existentes na edição do PPP de 2017 (BAHIA, 2022).

Essas questões foram analisadas e atualizadas pelos professores, Coordenação Pedagógica, Gestão Escolar e Colegiado Escolar durante a Jornada Pedagógica e nos momentos de Atividades Complementares (AC) do mês de fevereiro de 2022. Em seguida as questões foram lançadas para o *Google Forms* e o link (<https://forms.gle/bBpZxUeUbFwWf27s7>) foi enviado para todos os grupos de salas (13 salas no turno matutino, 08 salas no turno vespertino e 05 salas no turno noturno). Os alunos que não tinham celular e acesso à internet preencheram as questões com a Secretaria e Coordenação Pedagógica no período de 14 a 24 de fevereiro (BAHIA, 2022).

A questão de número 1 constatou que o nível de escolaridade dos pais dos alunos dos turnos Matutino e Vespertino é de 44,8% oriundos do Ensino Fundamental, enquanto 24,9% são do Ensino Fundamental II e 18,1% do Ensino Médio. Uma pequena parcela dos alunos apresentou familiares com nível superior de 11,5% e com pós-graduação, apenas 3,7%.

A turma de aplicação deste produto educacional foi o 2º B do turno matutino. Essa turma realiza o currículo do ensino médio antigo, ou seja, com 2 aulas semanais de Física. Essa turma fora escolhida pelo autor do presente trabalho por dois motivos complementares e não excludentes:

- i) É a única turma que dispõe de 2 aulas geminadas na semana.
- ii) O autor do presente trabalho fora o professor de Física desta turma ao longo do *Continnum* do ano letivo 2020-2021 e 2022, ou seja, iniciou a turma nos conceitos fundamentais da Ciência Física.

É de fundamental importância alertar que os resultados e discussões advindos da aplicação da UEPS e, conseqüentemente, do produto educacional derivado da mesma corresponde a um processo de ensino-aprendizagem exclusivo e particular das condições próprias desta turma e, logo, não corresponde a uma generalização universal sem levar em consideração as condições de contorno e idiossincráticas de quando fora aplicado o produto educacional em uma nova turma.

Durante o ano letivo 2020-2021 e 2022, o denominado *Continuum* pela SEC/BA, modificou a carga horária e distribuição das aulas. Ao mesmo a implantação da nova grade curricular da BNCC somou-se como elemento externo às condições adversas próprias do ensino remoto/presencial em tempos de pandemia pelo COVID-19. As mudanças de professores e sua excedência escolar desestabilizaram o processo de ensino-aprendizagem de todas as disciplinas, inclusive em Física.

O processo de dissolver turmas com um número de alunos considerado pela Secretaria de Educação como insuficiente compromete a estabilidade do processo de ensino pois transfere professores de uma escola para outra. Esse processo conhecido é como enturmação e afeta a jornadas de trabalho dos professores e causa efeitos sobre o arcabouço psicológico dos mesmos.

3- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A função da revisão bibliométrica¹ é buscar referências na literatura acadêmica sobre uma determinada área científica. Para o presente trabalho a busca centrou-se na subárea da Termodinâmica no espectro da produção acadêmica focada no MNPEF.

É preciso alertar que essa revisão não se esgota em si mesmo, pois assimetrias de busca ou mesmo particularidades do sistema de albergaria de sites das instituições do MNPEF podem comprometer o filtro do refinamento da obtenção das publicações principalmente quando se verifica a marginalidade dos sites no sistema web.

É sabido que os estudos de revisão bibliográfica quantificam e descrevem comportamentos dos processos estatísticos de transferência e comunicação entre cientistas por meio das publicações. Seria por demasiada soberba querer estabelecer esses objetivos nesta parte. Não é o objetivo deste trabalho se emaranhar por extenso campo, mas verificar a existência de trabalhos que possam sustentar o mesmo.

3.1- Dissertações sobre Ensino de Termodinâmica

O panorama do estado de arte que conecta a biofísica da termodinâmica foi realizado a partir de fontes com acesso aberto (*open access*), uma vez que, tais fontes podem ser acessadas sem o pagamento de dividendos ou contrapartida de produção científica. O autor deste trabalho não pretende esgotar as fontes em si mesma, trabalho este de natureza hercúlea e passível de falha, mas, apenas, fornecer um quadro sintético e relevante acerca da produção científica neste campo.

Os sites de busca utilizados foram do tipo buscadores hierárquicos, diretórios e metabuscadores. A produção científica mais relevante em termos de buscadores de internet provém de instituições que gozam de notório respaldo científico tanto em escala nacional como internacional e que contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho em uma ou mais partes com a devida citação.

¹ A bibliometria é um método de análise quantitativa para a pesquisa científica. Os dados elaborados por meio dos estudos bibliométricos mensuram a contribuição do conhecimento científico derivado das publicações em determinadas áreas.

O **Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF)**, por exemplo, apresenta publicação vinculada com a difusão de pesquisas ao nível de Graduação (Licenciatura) e Pós-Graduação em Ensino de Física.

Uma publicação em língua espanhola da *Universita de Barcelona y Universitat de Valencia* que trata de trabalhos da educação científica e matemática não publicados é *Enseñanza de las Ciencias*. Seus aportes teóricos da educação foram basilares.

A **Revista Brasileira de Ensino de Física (SBF)** que objetiva o avanço do Ensino de Física em todos os níveis contribui para fundamentos da aplicação de UEPS e o ensino de Física.

A revista **Física na Escola** contribuiu para os conhecimentos de Física no ensino médio de formas de instrumentalizar o exito do processo ensino-aprendizagem.

Estudos sobre a UEPS e sua utilização em sala de aula foi encontrad na publicação **Revista do Professor de Física**.

Elementos da função social da escola e do professor foram encontrados na publicação **Revista Brasileira de Pesquisa Educação em Ciências**. Esta publicação visa difundir a produção científica de educadores científicos com base na reflexão social.

Utilizando o mecanismo de busca do sítio do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) da Sociedade Brasileira de Física (SBF) com trabalhos relacionados ao campo da Termofísica, verifica-se a existencia da produção academica mostrada.

A dissertação **Uma experiência desequilibradora para a construção do conceito de equilíbrio térmico**, de autoria do professor Rogerio dos Santos Bittencourt, do polo UESB, enfatiza a importancia dos conceitos básicos da Termodinamica no ensino médio.

O pesquisador Thiago Almeida de Sá, do polo UFSC, estudou uma **Implementação de aquecedor solar caseiro na unidade socioeducativa – Case de Criciúma: introduzindo e discutindo conceitos de termodinâmica**. Esse trabalho aborda importantes aspectos da dinâmica social da escola e do professor.

No âmbito do programa MNPEF existem trabalhos que contribuíram para a realização desta dissertação.

Nesse sentido o trabalho **A Primeira Revolução Industrial e o Desenvolvimento da Termodinâmica: A História da Ciência Como Ferramenta de Apoio ao Ensino de Física**, de autoria de Cleidson Venturine, do polo UFES, mostra a importância da história na construção social da Termodinâmica.

A importância de uma teoria pedagógica é destacada na produção **Uma Sequência Didática Envolvendo Recursos de Investigação e Aprendizagem dos Fenômenos Térmicos no Ensino Médio**, de Véra Maria Munhoz Rubira, da FURG.

Tanto a pesquisa **Desconstrução/Construção dos Conceitos de Calor e Temperatura: Um Olhar Sobre o Ensino de Física na Educação de Jovens e Adultos**, de Noé Comemorável de Oliveira Neto, polo UFV, quanto **Sequência Didática para Ensino de Alguns Conceitos de Física Térmica Para Alunos do Ensino Médio na Modalidade EJA**, de Daniel Berg de Amorim Lima, polo UNIVASF, sustentam a participação do professor como mediador do processo educacional.

Na seara específica do programa MNPEF o tema sobre a Termofísica é posto em relevo devido ao instrumental teórico e aplicado que possibilitou a 1ª Revolução Industrial. Nesse sentido, os diversos produtos educacionais levam por ilustrar como o desenvolvimento tecnológico e econômico está atrelado ao desenvolvimento científico, no caso, o desenvolvimento da Física como no trabalho experimental de Da Silva (2021). O protagonismo do estudante é tomado por Souza (2021) no laboratório virtual de Física, permitindo ao mesmo modificar os parâmetros do experimento de tal forma que teste os limites físicos da Teoria.

Corroboram os trabalhos na busca por uma aplicação mais próxima do estudante. Os estudos de caso de Sá (2021) e Sousa (2020) conectam o conhecimento físico e aplicação tecnológica do mesmo. Para tanto, discutem aspectos relacionados ao cotidiano do estudante ao mesmo tempo que evidencia os aspectos da cultura científica popular. Essa matriz de análise, posta em ação orgânica, propicia ao estudante ampliar e aprofundar aspectos de sua cidadania.

Dentro da História e Filosofia da Ciência, Silva (2019) trabalha os aspectos do racionalismo filosófico na Física assim como os aspectos da pseudociência que prolifera como extrema rapidez via tecnologia da informação e comunicação. Usando essa mesma tecnologia, Alves (2019) analisa e discute um produto educacional voltado para a criação de websites de Termometria e Fernandes (2016.) ancora a aprendizagem de Física em um modelo de coletor solar.

Produto educacional baseado na interdisciplinaridade é o de Varela (2016) que faz conexão entre Física e Biologia rompendo com os padrões de grade curricular e mostrando que os saberes científicos estão conectados e atrelados entre si. O presente trabalho busca trabalhar justamente nesta mesma linha de ação. Não obstante às lacunas e deficiências próprias do seu autor, buscar-se-á conectar Termodinâmica e Biologia de tal forma a propiciar ao estudante que a Física, como Ciência Natural, conecta-se com distintos aspectos do universo, inclusive com os seres vivos.

Buscando essa mesma aplicabilidade Silva (2016) analisa a solução de um artefato tendo como base as equações desenvolvidas na Termodinâmica.

Isto evidencia a importância da revisão bibliográfica pois permite ao autor deste trabalho

vislumbrar as maneiras e enfoques que foram dados por outros pesquisadores acerca da Termofísica.

Em termos de teoria pedagógica de base os pesquisadores acima utilizaram a Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS). É possível, inclusive, detectar a vertente da Teoria Crítica de Aprendizagem Significativa de Moreira. Também fica patente a motivação que cada pesquisador teve para se involucrar nos seus respectivos produtos educacionais.

Uma UEPS constitui, ademais, um instrumental metodológico capaz de amortecer as variações no processo ensino-aprendizagem da Física em seus distintos níveis bem como desenvolver e aprimorar mecanismos de retroalimentação. Tal fato, advém da capacidade sintética da matriz teórica da UEPS.

Para se levar a cabo uma sequência de ensino de Termodinâmica voltada para a aprendizagem significativa dos conceitos de calor, temperatura e termorregulação corporal humana (MOREIRA, 2012) aponta que uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) possa propiciar uma carga cognitiva aos estudantes de forma mais estimulante, contextualizada e significativa. Uma UEPS permite a contextualização histórico-social do aluno assim como verificar ver os aspectos conceituais dos fenômenos físicos.

Nesse sentido, corrobora os estudos da Escola Sueca (BERNHARD, 2015) sobre aprendizagem significativa nos cursos de engenharia daquele país e que tal metodologia poderia ser levada para o ensino secundário.

As discussões da aprendizagem significativa têm demonstrado que a UEPS consegue obter qualitativamente uma aprendizagem conceitual, histórica e contextualizada com a realidade do aluno (MOREIRA, 2012). As etapas de uma UEPS consagram a visão de evolução conceitual significativa e progressiva apregoada por Vergnaud assim como o contexto histórico-social do aluno. O ensino de Física se reveste de uma necessidade de utilização de metodologias que possam atrair e proporcionar ao aluno uma aprendizagem significativa sem relativizar o seu contexto histórico-cultural (SOUZA, 2011).

O objetivo geral da UEPS e do produto educacional é contextualizar a Teoria da Termodinâmica com aspetos metabólicos dos seres vivos. Visa, assim, a desenvolver, estudar, inserir, valorizar e articular o conhecimento sobre os fenômenos físicos da termoregulação fisiológica nos sistemas vivos por meio de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) para que os estudantes tenham uma aprendizagem significativa sobre Termodinâmica.

3.2- Contribuições da Revisão Bibliográfica

A pesquisa de fontes bibliográficas de produção acadêmica no ensino de Física demonstrou que os pesquisadores brasileiros estão, cada vez mais, diversificando as estratégias e enfoque metodológicos para lograr êxito na aprendizagem dos alunos. Tal diversificação na metodologia de ensino de Física consagra a visão própria para o desenvolvimento desta Ciência no Brasil e que advém da massa crítica de pensamento surgida no âmbito do processo de formação de professores, na academia, em nível de graduação e pós-graduação.

Esse processo não constitui um fim em si mesmo, mas gera externalidades positivas para os ambientes escolares a o nível da aprendizagem dos estudantes. Apesar das dificuldades e obstáculos da política educacional governamental, de forma geral, e para o ensino de Física, de forma particular, serem a via nevrálgica para criar uma sinergia profunda, processual e sustentável ao longo do tempo entre o sistema educacional e o desenvolvimento/crescimento econômico do Brasil com inclusão social e cidadania. Esta análise não é o foco desta dissertação, apesar de sua singular importância.

As externalidades positivas antes mencionadas são evidenciadas pelo empenho e dedicação dos pesquisadores e por uma mudança na cultura pedagógica do ensino de Física e por uma nova visão social desta Ciência.

O mapeamento da produção acadêmica levantada também expõe, no seio das novas metodologias e estratégias de ensino de Física, a criação de pontes de conexão com outras áreas do conhecimento como a Biologia e Química. Isso consagra uma perspectiva eficaz para o ensino de Física nas escolas brasileiras ao mesmo tempo que tende a motivar os estudantes a seguirem uma carreira científica e/ou pedagógica.

4- Fundamentos Educacionais da UEPS

No contexto do atual nível de desenvolvimento social e econômico na aurora do século XXI os problemas de aprendizagem dos estudantes de nível fundamental e médio na seara das Ciências constituem um conjunto de obstáculos que requer uma abordagem multifatorial e multisetorial.

Esses problemas se agrupam desde os conteúdos selecionados até o da estrutura física das escolas (LOPES, 2007). Isso compromete, de fato, uma aprendizagem significativa. Aliado a isto está a conjuntura da *cybercultura* cujos efeitos sobre o nível de aprendizagem significativa dos estudantes não estão plenamente conhecidos (LEVY, 1993).

Os estudantes apresentam, de forma geral, uma dificuldade com relação ao conteúdo de Física devido, entre outros fatores, à qualidade do conhecimento que lhe é proposto, deficitário em termos de sentido e significado (MALDANER, 2007). Assim, as estratégias docentes devem buscar minimizar esse déficit pedagógico tendo em perspectiva uma alfabetização científica que possibilite ao estudante uma cidadania plena.

Buscar uma forma de aprendizagem significativa para os estudantes tem sido objeto de estudos e discussão dos pesquisadores ao longo do século passado encontrando em David Paul Ausubel um dos principais expoentes. David Paul Ausubel (1918-2008) foi um psicólogo de origem judia que trabalhou com o conceito de educação psicológica.

Uma sequência didática tem como objetivo primordial a aprendizagem de conceitos e conteúdos sobre determinada temática científica. A metodologia de implementação e construção dessa sequência didática assume, então, um valor basilar para o sucesso ou não do processo de ensino.

Com base nessa perspectiva, a Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) fora proposta de tal forma que sua abrangência de escala e sua diversidade de escopo pudesse otimizar a aprendizagem de uma sequência didática tendo em perspectiva a diversidade de estudantes que está na escola pública. Assim, o objetivo principal de uma UEPS é tornar a sequência didática validada para o estudante dentro de uma aprendizagem significativa.

Diversos teóricos brasileiros (MOREIRA, M. A. BUCKWEITZ, 1982; MASSINI e MOREIRA, 2017) apontam a importância da programação/planejamento de ensino e dos mapas mentais (ou conceituais como preferem outros estudiosos) como instrumentos educacionais, inclusive no ensino de Física.

Para um mapa existe a estrutura ou matriz de análise (CALHEIRO, 2020, p. 48):

Proposições: estão relacionadas com o significado entre dois conceitos, sendo indicada pela linha que une e pela(s) palavra(s) de ligação. Hierarquia Verifica se um dos conceitos subordinados é mais específico e menos geral que o conceito escrito anteriormente. Ligações Cruzadas As ligações significativas e válidas entre um segmento da hierarquia conceitual e outro segmento. As ligações podem ser criativas. (CALHEIRO, 2020, p. 48)

Tendo em perspectiva uma UEPS, a diferenciação Progressiva ocorre quando as ideias mais gerais e inclusivas vão sendo progressivamente diferenciadas, ou seja, um conceito geral deve se relacionar com conceitos mais específicos ou menos gerais. Por outro lado, a reconciliação integradora ocorre quando conceitos já existentes se reorganizam e formam outros conceitos. Nesse caso, os exemplos apropriados pelos estudantes caracterizam a estrutura cognitiva.

Esse destaque ocorre (CARUSO RONCA, 1994, p.91-95) por causa dos princípios da diferenciação progressiva e reconciliação integrativa que permite uma aprendizagem significativa e não mecanicista. Dois fatores se destacam no processo organicista de Ausubel:

(1) uso de conceitos que possuem maior poder de extensão;

(2) metodologia pautada na ordem e clareza da estrutura cognitiva. A organização dos conceitos, via subordinação, na aprendizagem significativa se ilustra pela diferenciação de generalidades sobre conceitos. Para Ausubel, a estrutura cognitiva já existente é o desafio a ser interpretado pelo professor em sua atividade pedagógica na medida em que as propriedades organizacionais do aluno em dado momento influenciarão sua aprendizagem. Essa hierarquia de conceitos e sua ação dinâmica organicista no cognitivo do estudante (CARUSO RONCA, 1994, p.91-93) assume um protagonismo quando:

É interessante observar que também para Vygotsky (1987), um conceito somente pode tornar-se consciente e submeter-se ao controle deliberado quando começa a fazer parte de um sistema.

“Se consciência significa generalização, a generalização, por sua vez, significa a formação de um conceito supra ordenado que inclui o conceito dado como caso específico. Um conceito supraordenado implica a existência de uma série de conceitos subordinados, e pressupõe também uma hierarquia de conceitos de diferentes níveis de generalidade. Assim, o conceito dado é inserido em um sistema de relações de generalidade”. Ausubel, em toda a sua obra, constantemente, assinala o papel dos conceitos superordenados e subordinados na aprendizagem significativa.

Um exemplo dado por Vygotsky (1987) para ilustrar a função de diferentes graus de generalidade no aparecimento de um sistema pode ajudar a entender a função dos conceitos superordenados:

“Uma criança aprende a palavra flor, e logo depois a palavra rosa; durante muito tempo o conceito flor, embora de aplicação mais ampla do que rosa, não pode ser considerado o mais geral para a criança. Não inclui e não subordina a si a palavra rosa- os dois são intercambiáveis e justapostos. Quando flor se generaliza, a relação entre flor e rosa, assim como entre flor e outros conceitos subordinados, também se

modifica na mente da criança. Um sistema está se configurando”. (CARUSO RONCA, 1994, p.91-93).

O princípio da reconciliação integrativa e a construção de mapas mentais permite ao professor explicitar as semelhanças e diferenças nos conceitos. Nesse mesmo sentido, apontam os teóricos (MOREIRA, M. A. BUCKWEITZ, 1982; MASSINI e MOREIRA, 2017) que os conceitos com maior poder de extensão pode ser um referencial para seleção de conteúdos assim como o tratamento de temas contemporâneos da ciência na escola.

A percepção dos subsunçores dos alunos pelo professor (HOWE, 1972) funciona como ponte de comunicação entre unidades de ensino onde o planejamento educacional ganha nova importância. A teoria fica assentada, então, em três pilares: a realidade local, a estrutura cognitiva do aluno e a identificação dos conceitos amplos e fundamentais das diversas área de ensino.

Existe uma noção difundida de forma geral entre as pessoas que o ensino e a aprendizagem de Ciências/Física e Matemática deve se basear na preparação para exames e provas assim como saber as expressões matemáticas que definem o comportamento de um fenômeno natural sob condições de contorno. Nesse sentido (MOREIRA, 2021) aponta que a aprendizagem de Física permeia a vida do indivíduo tanto em seu aspecto tecnológico como no aspecto epistemológico associado ao fenômeno. O interesse (MOREIRA *apud* RENNINGER, 2021, p. 33) é visto como variável pedagógica desde que:

1. interesse sempre se refere à interação com algum conteúdo particular (e.g., matemática, ciências);
2. interesse existe em uma relação particular entre aprendiz e seu entorno;
3. interesse tem tanto componentes afetivos como cognitivos, apesar de que a influência de cada um varia dependendo da fase de desenvolvimento do interesse;
4. o aprendiz pode, ou não, estar consciente que seu interesse foi despertado;
5. interesse tem uma base fisiológica ou neurológica ... funciona como uma recompensa que leva o aprendiz a procurar novos recursos e desafios. (MOREIRA *apud* RENNINGER, 2021, p. 33)

O professor assume o papel de propiciar o meio para que os estudantes tenham uma **autoeficácia** e **autorregulação** do processo individualizado de aprendizagem. O primeiro conceito refere-se à crença do indivíduo em aprender um determinado tema ou conteúdo (MOREIRA *apud* PAJARES e OLAZ, 2021, p. 33) e o segundo conceito refere-se à capacidade do estudante em coordena ações, sentimentos e emoções para propiciar o alcance de metas de aprendizagem de um conteúdo (MOREIRA *apud* RENNINGER, 2021, p. 33).

Uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) deve galgar esse ambiente de motivação para uma efetiva operacionalização pedagógica da mesma que se dá por

meio da motivação dos alunos, sendo esta intrínseca ou extrínseca. A natureza modificadora da educação pelo estudante consagra a perspectiva transformadora do contexto social do estudante e de sua visão de mundo (GASPAR, 2014, p.31-37).

A predisposição dos estudantes para a aprendizagem ocorre na medida que os mesmos estão ancorando seu cabedal de vida ao tema científico que se trabalha na escola. Essa predisposição, por sua vez, passa a ser expandida e consolidada pela metodologia de ação pedagógica de ensino.

A Unidade de Ensino Potencialmente Significativa fora proposta pelo professor Doutor Marco Antônio Moreira do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

De forma geral, uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (MOREIRA, 2011; FERREIRA *et al.*, 2020; FILHO & FERREIRA, 2022) apresenta as seguintes fases sequenciais:

1º) Definir o tema específico a ser estudado pondo de relevo as características mais proeminentes e procedimentais do mesmo. No caso em tela, acerca do ensino de interdisciplinar de Termofísica da Difusão Enzimática.

2º) Propor ou criar situação na qual o estudante possa manifestar o conhecimento que possui sobre o tema elencado na etapa anterior. Esse cabedal de conhecimento prévio pode ocorrer por meio de um questionário, mapa mental, nuvem de palavras, seminários, aplicativos no sentido do tema a ser tratado no ensino de Física.

3º) Estabelecer ou colocar situações-problema baseadas no conhecimento prévio manifestado pelo estudantes, por meio dos instrumentos disponibilizados pelo professor, em um nível que permita introduzir o conteúdo (declarativo ou procedimental) que se pretende ensinar. Aqui pode-se tocar no núcleo do tema a ser ensinado, mas não ensiná-lo.

4º) Após as situações iniciais anteriormente descritas, apresentar ao estudante o conhecimento ensinado/aprendido considerando a diferenciação progressiva partindo do aspecto mais amplo do tema para, logo em seguida, abordar aspectos mais específicos do mesmo. A estratégia de ensino a ser utilizada pelo professor pode ser uma atividade colaborativa seguida de discussão em grupo ou mesmo apresentação.

5º) Retomar os aspectos mais proeminentes do tem a ser ensinado de forma a estruturá-lo em um novo formato (exposição oral, recurso computacional, um texto histórico) porém com um maior nível de complexidade em relação ao conteúdo anterior. Novas situações-problemas e novas explicações devem acompanhar-se de elevações no citado nível de complexidade.

Novos exemplos, semelhanças e diferenças em relação às situações colocadas promovem a reconciliação integradora.

6º) Continuar com a diferenciação progressiva retomando os aspectos mais proeminentes e relevantes do conteúdo em trabalho na sequência didática com o fito de buscar uma sinergia integradora ou reconciliação integrativa por meio, dentre outros, de uma nova exposição de significados, leitura e discussão de textos, simulação computacional, audiovisual, cordel, encenação teatral, seminário, experimento, etc., na qual a estratégia processual de trabalho do conteúdo vale mais do que a forma.

7º) A avaliação da UEPS ocorre de forma somativa ao longo de todo o processo de construção da mesma. O registro das evidências de aprendizagem dos estudantes constitui a fonte primordial de onde se possa extrair considerações acerca do processo de implementação e êxito da sequência didática. Uma avaliação individual com base em questões de interpretação e compreensão que possam mostrar a captação de significados e do processo de transferência e integração de conhecimento.

8º) A constatação do êxito da UEPS será dada pela avaliação de desempenho de um campo conceitual de forma progressiva dos estudantes com especial atenção para a aprendizagem significativa (captação de significado, compreensão, interpretação, capacidade de explicar, capacidade de resolver situações-problema) e não junto à comportamentos finais.

De forma transversal, assinalam os mesmos autores que os matérias e as estratégias de ensino devem ser diversificadas, pois o diálogo e a crítica devem ser estimulados. Para motivar a participação dos estudantes o professor pode solicitá-los que proponham eles mesmos situações-problema, e assim estabelecer atividades de natureza individual para dinamizar o processo de construção e implementação da UEPS.

A denominada Teoria de Aprendizagem Significativa Crítica do professor Doutor Marco Antônio Moreira busca estabelecer e desenvolver nos estudantes uma capacidade para que tado aprendizagem sirva de elemento transformador não apenas no cognitivo, mas acima de tudo, na capacidade de ação transformadora do meio social no qual tais estudantes estão inseridos. É um cabedal de conhecimentos que, quando demandados em distintos momentos da vida, emerge de forma precisa, orgânica e objetiva sobre os fenômenos naturais (STUDART *apud* FERREIRA *et. al.*, 2020).

Este trabalho de aplicação da UEPS foi avaliado segundo uma perspectiva qualitativa e centrada nos aspectos de aprendizagem defendida pelas Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) no sentido da Teoria Crítica (MOREIRA, 2005). A complementariedade de perspectiva refina e aprimora os resultados obtidos (LUDKE & ANDRÉ, 1986).

A aprendizagem passa a ser crítica ou subversiva quando (MOREIRA, 2005, p. 07):

Analogamente aos princípios programáticos de Ausubel para facilitar a aprendizagem significativa, serão aqui propostos alguns princípios, ideias ou estratégias facilitadoras da aprendizagem significativa crítica, tendo como referência as propostas de Postman e Weingartner, porém de maneira bem menos radical e bem mais viável. Tudo que será proposto a seguir me parece viável de ser implementado em sala de aula e, ao mesmo tempo, crítico (subversivo) em relação ao que normalmente nela ocorre (MOREIRA, 2005, p. 07).

Continuando na análise acerca de novos paradigmas que possam tornar a aprendizagem mais significativa, eficiente, com autoeficácia para o estudante a literatura científica de ensino de Física (MOREIRA, 2009; ALMEIDA, 2009) pois criticar determinado conhecimento físico é necessário assinalar os princípios norteadores ou balizadores do mesmo, a saber:

1. Princípio do conhecimento prévio. Aprendemos a partir do que já sabemos.

Esse aspecto remete a captar e internalizar conceitos socialmente construídos e aceitos para a construção de uma aprendizagem significativa crítica baseada no conhecimento prévio do estudante. Tal conhecimento julga papel importante dentro do âmbito da complexidade crítica e social.

2. Princípio da interação social e do questionamento. Ensinar/aprender perguntas ao invés de respostas.

Essa interação social tem como ambiente privilegiado o ambiente escolar, apesar de não ser exclusivo pois com as novas tecnologias da comunicação o ambiente escolar ganha em dimensões e profundidade nunca antes experimentada. As aulas remotas podem ocorrer em qualquer lugar e tempo assim como o acesso aos conhecimentos específicos podem ser feitos em qualquer momento, lugar ou idioma.

3. Princípio da não centralidade do livro de texto. Do uso de documentos, artigos e outros materiais educativos. Da diversidade de materiais instrucionais.

O livro didático é um material que ao longo do tempo assumiu um papel central no processo ensino-aprendizagem, pois se revestiu no depósito do conhecimento a ser ensinado e aprendido. Porém, para que haja uma efetividade no processo cognitivista de aprendizagem significativa é preciso realizar questionamentos e utilizar novas formas de cristalizar o conhecimento humano.

4. Princípio do aprendiz como preceptor/representador.

O papel do estudante como receptáculo do conhecimento a ser administrado pelo professor se reconfigura para dotar o mesmo de novos protagonismos no processo ensino-aprendizagem. Concretamente, o estudante deve ter uma postura de interação, diferenciação e integração nos moldes da TAS de David Ausubel porque todo conhecimento recebido pelo estudante e, também, percebido por ele.

5. Princípio do conhecimento como linguagem.

Dentro do processo de ensino-aprendizagem de qualquer área do conhecimento a linguagem assume um papel protagonista, pois cada área possui seus termos técnicos e científicos que já identificam, de imediato e no mínimo, em que a seara do conhecimento se encontra nossa temática.

6. Princípio da consciência semântica.

Nesse aspecto pode-se afirmar que o significado das representações do mundo está na carga cognitiva das pessoas e não nas palavras propriamente ditas. O significado então assume uma representação que depende do contexto histórico-social no qual um grupo de pessoas ou sociedade vive.

7. Princípio da aprendizagem pelo erro.

A construção do conhecimento pelo indivíduo a partir do processo ensino-aprendizagem não é uma trajetória linear sem obstáculos. As dificuldades e erros constituirão fatores presentes em quaisquer atividades humana. Então, surge em cena uma nova qualidade das representações mentais para os fenômenos do mundo que é a recorrência de refino e autocorreção dos seus parâmetros para uma efetiva funcionalidade do mesmo que atenda às necessidades pré-estabelecidas.

8. Princípio da desaprendizagem.

Revela-se como uma capacidade de aprendizagem subordinada do conhecimento prévio do estudante naquilo que se denomina na literatura especializada de assimilação do conhecimento. Essa assimilação do conhecimento permite que um indivíduo consiga reter um vasto conhecimento sobre diversas temáticas e está relacionado à capacidade de ancoragem que este mesmo indivíduo consegue realizar entre o novo e o antigo conhecimento.

9. Princípio da incerteza do conhecimento.

A incerteza do conhecimento revela o padrão de conhecimento e de definição que a sociedade temporal faz sobre os fenômenos do mundo. Essas definições são feitas

tendo como base os questionamentos e perguntas e muitas vezes estas não possuem a amplitude necessária para adentrar ao nível de compreensão do fenômeno.

10. Princípio da não utilização do quadro-de-giz. Da participação ativa do aluno. Da diversidade de estratégias de ensino.

Esse elemento tão característico e representativo da escola, juntamente com o livro didático, configura um ensino centrado na transmissão do conhecimento e no papel do professor como mediador do livro didático e de resolução de exercícios no quadro de giz. O quadro de giz possui sua importância passada e presente, porém, nesse momento, assume um novo protagonismo.

11. Princípio do abandono da narrativa. De deixar o aluno falar.

O modelo de professor que escreve no quadro de giz seu conteúdo, sendo este conteúdo reformulado e adequado ou não, também representa um elemento a ser reorganizado segundo a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica. Concretamente, a citada teoria menciona outros teóricos para apoiar e demonstrar a tese da reformulação deste papel do professor em sala de aula (FINKEL *apud* MOREIRA, 2010).

Dessa forma, a Teoria Crítica da Aprendizagem Significativa é um espaço privilegiado dentro da UEPS que permite estabelecer novas rotas e caminhos para o ensino e aprendizagem de Física na escola brasileira. O rompimento de padrões pouco eficientes na educação é um esforço social que resgata o papel do professor como profissão social singular na busca pela evolução do conhecimento científico e da cidadania plena dos estudantes.

Essa função social do professor, assim como dos demais elementos que compõem a comunidade escolar, também deve levar em consideração fatores transversais à Teoria Crítica da Aprendizagem Significativa. Seu criador, o professor Dr. Marco Antônio Moreira, não fechou sua iluminada mente para esses fatores, mas focou seus esforços mentais e físicos na matéria-prima primordial da massa crítica do processo orgânico e dinâmico da mudança: o estudante e o professor.

4.1- Diagrama Vê Epistemológico ou Vê de Gowin

Um dos princípios de construção e implementação de uma UEPS é a busca por novas estratégias de ensino-aprendizagem. Uma dessas estratégias são dispositivos gráficos que ofereçam a visualização de informações acerca de como se organiza e evolui esse processo.

Pensando nesta possibilidade de novos mecanismos para o processo educacional que o professor Dixie Bob Gowin (1925- 2016) criou e aprimorou um instrumento de natureza heurística conhecido como Vê de Gowin, Vê Epistemológico, Vê Heurístico os simplesmente de Diagrama Vê. Neste trabalho todas estas expressões citadas anteriormente terão o mesmo significado.

No início da década de 1980 trabalhou com Joseph Novak nos conceitos relacionado com a aprendizagem e o erro naquilo que ficou denominado como aprender a aprender. No ano de 1984 ambos publicam um livro onde difundem suas conclusões sobre o tema. O livro já fora traduzido para vários idiomas, inclusive a língua portuguesa.

O diagrama Vê Epistemológico de Gowin fora criado no ano de 1977 e publicitado em 1981 durante um seminário na *Cornell University*. Após relativa polêmica passa a ser testado e usados por distintos níveis pesquisadores. Como se trata de um instrumento heurístico aplicado para o ensino-aprendizagem, o diagrama Vê de Gowin trata, então, de um instrumento destinado a propiciar ao estudante a descoberta do conhecimento que se lhe quer ensinar por meio da estrutura do conhecimento ao interligar e correlacionar redes, hierarquias e arranjos (CAPPELLETTO, 2009) de tal forma que possam perceber a evolução do conhecimento.

O uso de diagramas configura uma técnica de análise pedagógica voltada para o êxito do processo ensino-aprendizagem. Entre diversos diagramas pode-se citar o chamado V de Gowin ou V Epistemológico (LEBOEUF & BATISTA, 2013, p. 697-721).

Na construção do conhecimento os significados negociados são compartilhados. Esse processo é crucial para a evolução dos conceitos e da compreensão dos mesmos, pois a experiência muda a percepção que se quer testar acerca das concordâncias e divergências sobre um tema (GOWIN & ALVAREZ, 2005). Pode-se inferir que para Gowin o conhecimento é construído por meio de uma intervenção planejada e da experiência imediata ou mediada que será o *locus* onde os estudantes organizarão significados, negociando os conceitos e significados divergentes e potencializando a compreensão dos conceitos e significados sobre os quais concordam.

Esse conhecimento construído no ambiente escolar parte da premissa da coletividade, da sinergia do conhecimento significativo dos estudantes e do professor, de um paralelismo e

simetria que é recorrente e que leva ao auto aprender e a se reeducar (CAPPELLETTO, 2009). Traz para o espaço e domínio da escola a consciência sobre as capacidades dos estudantes, sobre o mundo e a integração entre pensar e agir.

Essa excelência, então, viria do planejamento metodológico e conceitual da pesquisa e do ensino e entre o conhecimento anteriormente aprendido e o novo conhecimento ao qual se deseja aprenderizado. A conexão entre ambos prospera a aprendizagem e domínios significativos sobre determinado campo (LUCAS *et. al.*, 2017).

Com base nesse poder pedagógico e de análise proveniente do Vê Epistemológico é que muitos autores advogam seu uso durante o processo de ensino-aprendizagem em todos os níveis. Para os professores revela-se um potencial e um viável instrumento de análise e verificação de informações sobre a operacionalização do pensar e agir nos ambientes de ensino ou não, (CAPPELLETTO, 2009) a saber:

- A) É preciso encarar o aprendiz como um ser ativo, não-passivo – o estudante deve ser responsável por procurar captar os significados que devem ser aprendidos.
- B) É necessário proporcionar tempo suficiente para que os significados sejam negociados.
- C) O professor atua intencionalmente para mudar o significado da experiência do estudante. O professor é responsável por providenciar materiais e métodos que os aprendizes possam relacionar com sua experiência. O objetivo é viabilizar a negociação de significados entre professor e aprendiz. Aprender é conectar o novo ao velho. Fatos não se explicam sozinhos. A compreensão conceitual leva a explicações satisfatórias do que está acontecendo.
- D) Integrar pensar, sentir e agir consome tempo e exige prática. Enganos ocorrerão. Questões interessantes surgirão. É preciso paciência e tolerância. (CAPPELLETTO, 2009).

A utilização do Vê Epistemológico como instrumento transversal de análise e verificação de uma UEPS assume uma potencialidade ímpar. Essa redundância na verificação do êxito ou não na construção e implementação de uma sequência didática oferece possibilidade de controle na evolução da mesma, permitindo correções a tempo de não comprometer todo o realizado evitando, dessa forma, o retrabalho.

Sua natureza heurística compartilha com a UEPS uma ampla e profunda capacidade de detectar sinais de aprendizagem significativa crítica durante um processo tão dinâmico e orgânico como o é o processo de ensino de Física na sociedade contemporânea.

A aprendizagem significativa, com suas condições para ocorrência e lacunas que levam a comprometimentos, ocorre por meio do conceito fazendo sua conexão com um aspecto escolhido e suas partes conceituais (MASINI, 2010). Houve um recorte do campo conceitual a ser ensinado com suas interconexões que privilegia a postura do indivíduo em situação-ação

permitindo ao professor aprofundar conceitos e expandi-los segundo as situações vividas pelos estudantes ao longo do tempo.

O planejamento do professor se torna vital na medida que o mesmo pode desenhar um conjunto de situações que lhe permitem percorrer os conceitos e teorema-chaves e suas relações acompanhando a evolução temporal dos estudantes. Dessa forma, a aprendizagem significativa para o estudante demonstra a capacidade de verificar a evolução didática dos mesmos sobre o recorte de conhecimento trabalho naquele campo das ciências naturais. Nesse aspecto o Vê Epistemológico é usado como instrumento pedagógico para modular com mais precisão essa evolução.

Por outro lado, o planejamento do professor visa a apropriação didática dos conceitos e da apreensão de campos conceituais da Ciências Naturais/Física. Uma sequência didática em si, como a UEPS em tela, não mostra, *per se*, como os erros conceituais mais comuns levam para lacunas na aprendizagem significativa que estão fortemente presos às concepções espontâneas dos próprios estudantes que estão extremamente arraigadas. Essas concepções provêm (MASINI, 2010) do empirismo e do senso-comum dos estudantes acerca dos fenômenos naturais/físicos e seus conceitos e campos teóricos não foram abordados na pesquisa.

Figura 01: Diagrama Gowin

DOMÍNIO CONCEITUAL

Filosofia: só há ensino quando há aprendizagem e esta deve ser significativa; ensino é o meio, aprendizagem significativa é o fim; materiais de ensino são potencialmente significativos.

Teorias: aprendizagem significativa de Ausubel; de educação de Novak e Gowin; do interacionismo social de Vygotsky; dos campos conceituais de Vergnaud; dos modelos mentais de Johnson Laird; da aprendizagem significativa crítica de Moreira.

Princípios: conhecimento prévio do estudante; ação integrada (pensamentos e sentimentos); estudante aprende significativamente; organizadores prévios correlação conhecimento prévio/novo; situações problema fornecem significância (organizadores prévios); situações problema são progressivas (complexidade); modelo mental funcional análogo ao estrutural da situação; a diferenciação progressiva, a reconciliação integradora e a consolidação são planejadas; TAS é progressiva em evidências; professor apresenta problema e media a AS; a interação social e a linguagem (significados); relação triádica (aluno, docente e materiais) (quadrática com o computador); a aprendizagem deve ser significativa e crítica.

Conceitos-chave: aprendizagem significativa e mecânica; situações-problema; modelos mentais; negociação de significados; captação de significados; diferenciação progressiva; reconciliação integrativa; consolidação; mediação; progressividade; complexidade; organizadores prévios; aprendizagem significativa crítica.

Fenômeno de Interesse:

Ensino e aprendizagem de conceitos de Termofísica

Pergunta-foco: como construir unidades de ensino potencialmente facilitadoras da aprendizagem significativa de tópicos específicos de conhecimento declarativo e/ou procedimental em Termofísica?

DOMÍNIO METODOLÓGICO

Asserções de valores: a UEPS é sequência didática altamente planejada com capacidade de responder às demandas pelo ensino de Física e, portanto, com alto índice de lograr êxito neste processo.

Asserções de conhecimento: levando em conta o conhecimento prévio do aluno, os organizadores prévios, a diferenciação progressiva, a reconciliação integradora e a consolidação; propondo atividades colaborativas em torno de situações problema; mediando a negociação e a captação de significados; provendo situações-problema e mediando sua resolução pelo aluno; buscando evidências de aprendizagem significativa dentro de uma perspectiva de progressividade e complexidade; desestimulando a aprendizagem mecânica.

Transformações: organização e implementação da UEPS, a partir de uma filosofia educacional, de teorias e princípios de aprendizagem significativa.

Registros: conhecimentos curriculares específicos a serem trabalhados em situação formal de ensino; conhecimentos prévios dos alunos; materiais instrucionais; estratégias de ensino diversificadas; produções dos alunos.

Evento: construção de UEPS.

Fonte: Elaboração própria do autor, 2022 com base em Moreira (2010).

Uma análise detalhada do Vê Epistemológico permite afirmar, com certo nível de segurança, que o lado esquerdo é o campo conceitual que explica o fundamento teórico antes da realização da mesma. Abarca, portanto, as teorias, princípios, conjecturas, matrizes de pensamento e vinculação entre pesquisador e objeto de pesquisa. Assim, a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) constitui um pilar de sustentação desse instrumento de pesquisa inclusive com contribuições de Marco Antônio Moreira, Joseph Novak e, por suposto, do próprio Bob Gowin.

Existe uma forte correlação entre as perguntas que devem ser respondidas e os elementos que constituem os dados registrados (NOVAK, 2010). Isso mostra que esse recurso heurístico possui um potencial dinâmico e organicista de alto valor para o pesquisador educacional. O conhecimento das partes leva ao conhecimento do todo em relação ao objeto de pesquisa.

Também se pode verificar a natureza experimental da Física assim como aspectos filosóficos oriundos de outros teóricos do ensino-aprendizagem como Kuhn, Popper e Feyerabend (DUARTE JOSÉ, 2021). A parte direita do Vê Epistemológico (DUARTE JOSÉ, 2021) apresenta, também, aspectos dos dados que serão condensados quando da reconciliação integrativa dos invariantes operatórios dos esquemas previamente detectados juntos aos estudantes mediante os subsunçores tanto em relação ao Teorema-em-ação quanto ao Conceito-em-ação.

Na literatura sobre vinculação entre ensino e experimentação o enfoque deve ser dado a uma conjugação sinérgica entre a sala de aula e o laboratório (BLOSSER, 1988).

Nesse mesmo sentido, destaca-se a importância basilar do uso do laboratório, e consequentemente da experimentação, para criar uma ligação entre ensino e aprendizagem por meio da mesma (GOZALEZ EDUARDO, 1992). Também se advoga que a experimentação em laboratório não garante, por si só, um processo efetivo de aprendizagem significativa (HODSON, 1994) pelos estudantes, mas tal ensino deve ser epistemologicamente válido. Nesse sentido, a pesquisa qualitativa (CAPPELLETTO, 2009; GIL, 2002) demonstra uma sinergia ampla e profunda entre o pesquisador e o objeto de estudo em tela. Os dados descritivos assim inferidos por contato direto e interativo constituem a massa crítica de análise dos padrões de êxito ou não da UEPS.

A interpretação dos dados obtidos, à luz das teorias de embasamento do estudo e da metodologia utilizada no mesmo, permitirá cristalizar resultados consolidados que avalizem ou declinem as hipóteses inicialmente estabelecidas (NEVES, 2006). Na construção e implementação da sequência didática contida na UEPS que ora se estabelece nesse trabalho o

Vê Epistemológico ou de Vê de Gowin é mais um instrumento para levar a cabo uma análise e discussão de dados de forma cristalizar as conclusões.

A questão-foco do Vê Epistemológico mantém uma interação entre teoria e prática. Dessa forma, o estudo e aplicação do Vê Epistemológico está centrado na pergunta e não nos possíveis resultados. Nesse cenário os resultados obtidos são uma fase do processo de aprendizagem significativa. Corroborando esse conceito (CAPPELLETTO, 2009) o fato de que *“Na pesquisa em ensino de Física tem-se sempre esses quatro elementos: o conteúdo de física, o referencial teórico de aprendizagem, o referencial epistemológico e a metodologia de pesquisa”*.

Revela-se, então, o Vê Epistemológico como um instrumento útil para o ensino, pesquisa, aprendizagem, análise de textos e artigos, planejamento e avaliação (GOWIN & ALVAREZ, 2005; MOREIRA, 2006). Neste trabalho, o Vê Epistemológico será um instrumento a mais para estabelecer a viabilidade do produto educacional ora implementado.

4.2- Aprendizagem Mecânica e Aprendizagem Significativa: antecedentes, condicionantes e situação atual

Ao longo do século XX e início do século XXI as discussões sobre a teoria do ensino e da aprendizagem, de uma forma geral, e de Física, de uma forma mais particular, estiveram vinculadas ao processo de implementação das políticas de Estado para a educação brasileira em seus distintos níveis.

A forma, estrutura, currículo, qualificação docente exigida, avaliação, duração, acesso e permanência dos estudantes do sistema público foram balizadas por atos do poder executivo Federal que norteou, também, as políticas estaduais e municipais. Assim ocorreu com a reforma (DARIUS & DARIUS, 2018, p. 35) pretendida no Manifesto dos Pioneiros da Escola Nova:

Segundo Saviani (2004), em 1890 iniciou-se uma nova etapa, por meio da implantação dos Grupos Escolares, sendo este um marco da origem da escola pública no Brasil. Esta etapa está dividida em três períodos: 1) 1890-1931: corresponde ao momento em que houve implantação gradativa das escolas primárias nos estados brasileiros e a formação dos professores pelas escolas normais; 2) 1931-1961: período de regulamentação das escolas superiores, secundárias e primárias e, 3) 1961-1996: criação da primeira lei de Diretrizes e Bases (4.024/96) e da atual (9.394/96). Assim, Saviani aborda essa nova periodização traçando um roteiro da educação escolar brasileira no século XX, considerando que esta deixou um legado perceptivelmente dialético. Como legado positivo tem-se uma ampla estrutura que envolveu um número maior da população do que a que anteriormente tinha acesso à escola, o desenvolvimento dos cursos de pós-graduação, a criação do Ministério da Educação e Saúde em 1930 (Vidal, 2006). Como legado negativo tem-se a baixa qualidade da educação, pois o fato de ter se expandido não garantiu alto padrão do ensino. Outro legado negativo foi a ausência de um sistema unificado de ensino para o país e também um grande número de analfabetos. (DARIUS & DARIUS, 2018, p. 35).

A influência sobre professores desta corrente de pensamento da educação pública formou o grupo de Pioneiros da Escola Nova Brasileira no qual há uma combinação de formas de ensino e normas de conduta: por um lado a rigidez e disciplina do sistema europeu de ensino com a instrumentalização pragmática do sistema de ensino norte-americano (DARIUS & DARIUS *apud* SILVA, 2018, p. 38). Inclusive tais aspectos seriam levados para a vida econômica e social. O sistema de ensino público seria mais um vetor de instrumentalização do desenvolvimento econômico e social do Brasil.

Para os teóricos da aprendizagem significativa (AUSUBEL, 2003; MOREIRA, 2006; DUARTE JOSÉ, 2021) ocorre dum processo orgânico e dinâmico que cristaliza pela auto eficiência do estudante e a eficácia da UEPS como método de construção do conhecimento. A aprendizagem significativa (MOREIRA, 2006, p. 11):

Na Física, por exemplo, os modelos ocupam posição central na construção do conhecimento. Consequentemente, o aluno deve aprender a construir modelos, e para isso, existem boas ferramentas para que as construa no computador. Quer dizer, o aluno constrói modelos de situações físicas usando determinada ferramenta computacional. A isso chama-se modelagem computacional. Contudo, pode ocorrer, e muitas vezes ocorre, que o aluno construa mecanicamente o modelo, ou seja, sem entender o que é um modelo em Física ou sem compreender que o que está construindo é um modelo (MOREIRA, 2006, p.11).

Nessa forma de ensino os estudantes, ao travar contato com o conhecimento, praticam uma rotina de memoriza-los para resolução de exercícios, exames e provas. Pelo lado do professor ocorre uma proposta de treinar os estudantes para os distintos exames de seleção como, por exemplo, ENEM e SAEB². De forma central, os governos condicionam o sucesso ou fracasso da escola, enquanto instituição, e dos professores, enquanto categoria, aos resultados de ditos exames. Remete-se ao princípio condicionante da aprendizagem mecanicista e controle do Estado, pois não estimula o pensamento científico e filosófico.

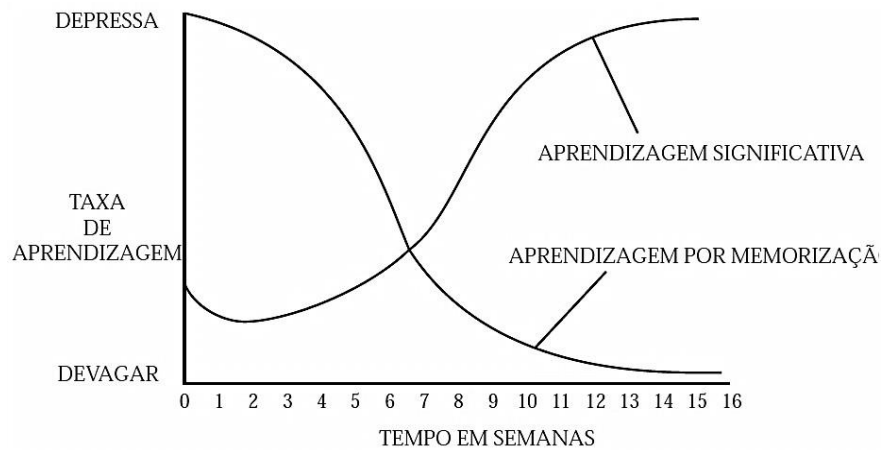
Na aprendizagem significativa o conhecimento que o estudante possui é fundamental para desenvolver qualquer sequência didática. Nesse sentido, existem dois tipos de variáveis pedagógicas envolvidas na estrutura cognitiva: as variáveis pedagógicas não-arbitrárias e as variáveis pedagógicas não-literais.

O primeiro conceito refere-se ao fato de que o material pedagógico utilizado pelo professor na sequência didática tenha uma previsibilidade, ou capacidade de atenuar a arbitrariedade, adequada ao nível de estrutura cognitiva do estudante de tal forma que o mesmo possa adequá-lo ao seu conhecimento.

O segundo conceito refere-se ao fato de que a aprendizagem significativa não faz uso de um conjunto restrito de palavras ou termos técnicos (AUSUBEL, 2003, p. 75). Eles podem existir, pois é próprio de uma seara de conhecimentos, mas existe uma diversidade de conceitos associados aos termos que os estudantes dispõem para usá-los como sinônimos.

² O Sistema de Avaliação da Educação Básica (Saeb) é um conjunto de avaliações externas em larga escala que permite ao Inep realizar um diagnóstico da educação básica brasileira e de fatores que podem interferir no desempenho do estudante.

Figura 02: Aprendizagem significativa X mecânica.



Fonte: NOVAK, 2000, p. 62.

A **Figura 02** acima mostra relação percebida pelo autor acerca da aprendizagem significativa e da aprendizagem mecânica. Pode-se inferir que para o citado teórico existe aprendizagem significativa e aprendizagem mecânica ao mesmo tempo, mas ambas apresentam evolução distintas. Assim, a aprendizagem significativa não significa suprimir a aprendizagem por memorização, porém ambas compartilham o mesmo *locus* de atuação, o estudante.

Esta apreciação fora detectada por teóricos brasileiros quando do ensino de Física (MOREIRA, 2009 p. 10) “[...] *simples memorização de fórmulas situar-se-ia em um dos extremos desse contínuo (o da aprendizagem mecânica), enquanto que a aprendizagem de relações entre conceitos poderia estar no outro extremo (o da aprendizagem significativa)*”.

Nesta mesma trajetória encontra-se a Teoria da Nuvem de palavras que apresenta uma disposição gráfica das palavras que aparecem como conceitos na estrutura cognitiva (OMOTE, 2003). Esta disposição de palavras apresenta uma representação atratora sobre os conceitos mais assimilados e apropriados pelos estudantes em uma sequência didática.

É uma metodologia ativa e colaborativa onde os estudantes se manifestam sobre uma pergunta ou tema relacionados com a sequência didática (PRAIS & ROSA, 2017).

Figura 03: Exemplo de Nuvem de palavras



Fonte: Ricardo Schaefer (UFSM), 2022.

Agregar recursos ao espaço de ensino de Física da escola pública viabiliza uma dinâmica de aprendizagem significativa que coaduna com a função social do professor e da escola, além de apresentar ao estudante novos espaços virtuais de aprendizagem com base no uso das TIC's como demonstra a Nuvem de Palavras, ver **Figura 03**.

É uma meta estrutura que pode estar associada ao A) Complexidade; B) Contexto; e, C) Dinâmica (JUDELMAN *apud* AFONSO, 2011). Representa a nuvem de palavras visualmente uma meta estrutura de contexto (AFONSO, 2011) na qual “A utilização desta ferramenta em cursos que se fundamentam no modelo pedagógico crítico reflexivo é de extrema importância considerando o potencial de reorganização imediata da trajetória de ensinagem de acordo com o desempenho dos participantes”.

A disposição das palavras em uma nuvem de palavras fornece uma densidade média estimada de como os conceitos são percebidos pelos estudantes de forma agregada. Corroborar os mapas mentais no sentido de sedimentar certos conceitos que assumiram uma cristalização significativa na estrutura cognitiva dos estudantes assim como verificar a evolução de uma sequência didática.

4.3- Levantamento de subsunçores

No período de construção e implementação de uma sequência didática tipo UEPS o levantamento de subsunçores é um pilar crucial para sustentar a viabilidade do processo ao longo do tempo (DUARTE JOSÉ, 2021).

A afirmação está apoiada por autores que utilizam a AS em seus trabalhos. Nesse sentido (SILVA FILHO & FERREIRA, 2022):

A TAS, evidentemente, se organiza para muito além do levantamento dos subsunçores. De fato, nessa abordagem, outra etapa essencial do processo de ensino e aprendizagem é aquela em que se faz a organização avançada (também traduzida como organização prévia) dos subsunçores encontrados nas estruturas cognitivas dos estudantes. Essa etapa é particularmente importante para que os subsunçores encontrados possam ser organizados com vistas àquilo que se deseja efetivamente ensinar, uma vez que podem se encontrar desorganizados, esparsos, ou fragilmente fixados na estrutura cognitiva do aprendiz. (SILVA FILHO & FERREIRA, 2022)

Esse levantamento de organizadores prévios ou subsunçores é uma etapa na qual a subjetividade do professor é um filtro com excessiva preponderância. A assimetria não é a subjetividade em si, mas, sim, seu excesso.

Na seara deste trabalho, buscar-se-á uma metodologia de levantamento de subsunçores que combine um nível de objetividade e também de subjetividade do professor para a construção da UEPS.

Diante deste objetivo é importante ressaltar as pesquisas do professor Dr. Joseph Novak.

Durante a década de 1970 o professor Doutor Joseph Novak propôs uma teoria educacional baseada na utilização de parâmetros cognitivistas. Nesta seara, propôs a introdução dos denominados mapas conceituais como formar de organizar, representar e cristalizar o conteúdo ensinado em quaisquer ambientes de ensino-aprendizagem.

Mapas conceituais ou grafos são concebidos como gráficos orientados, proposicionais ou hierarquizados (SILVA FILHO & FERREIRA, 2022) nos quais existe uma ligação entre os conceitos trabalhados e as relações lógicas predicativas entre eles. É uma estrutura na qual os nós representam conceitos e as arestas representam o predicativo lógico entre os ditos conceitos. É um modelo que obedece ao parâmetro:

$$\langle \{N_1, \dots, N_6, \}, \{P_1(N_1, N_2), \dots, P_6(N_1, N_2), \} \rangle$$

Os conceitos alvo em um grafo representam o conteúdo no qual se deseja ensinar (conceitos e conexões). Estes conceitos e conexões apresentam uma sinergia que mostra o nível de relevância em diferentes graus em relação ao conteúdo a ser ensinado.

O nível de relevância é um aspecto difuso (difusividade) porque atinge todos os estudantes do grupo em tela. Essa atribuição do grau de relevância acerca de aspectos do conteúdo, por sua vez, é uma forma de subjetividade do professor (MOREIRA, 2006; ONTARIO *et. al.*, 2006; SILVA FILHO & FERREIRA, 2022), entendida está como critério próprio da trajetória cognitiva e mental deste em relação ao conteúdo a ser ensinado.

Dessa forma, o processo de inferência para que se organize os subsunçores, tendo como função o desempenho cognitivo demonstrado pelos estudantes nas atividades propostas, também constitui um processo subjetivo pelo nível de relevância categorizado nos distintos graus de relevância.

Igualmente, um processo de organização de tal natureza e envergadura passa a lograr uma menor probabilidade de perda de definição e sucesso quando se usa uma inferência difusa (OLIVEIRA Jr, 1999; ONTARIO *et. al.*, 2006). Nesse caso, a busca se dá pela presença ou não do subsunçor na estrutura cognitiva dos estudantes da turma considerando seu aspecto *fuzzy*.

O aspecto *fuzzy* oferece um paralelo de similaridade entre o conhecimento (dado) que deve ser ensinado e seu aspecto mais paralelo ou similar na estrutura cognitiva do estudante (ativação) para que esse conhecimento se habilite à condição de significativo (ONTARIO *et. al.*, 2006; SILVA FILHO & FERREIRA, 2022). É um sistema de inferência operacional atrativa que analisa a compreensão central e periférica acerca do subsunçor.

O uso de experimentos simples em laboratório ou sala de aula contribuem sobremaneira para a implementação ou construção de uma UEPS. Nesse sentido, a literatura acadêmica aponta que durante o período de 1992-2000 foram publicados 15 artigos e no período de 2001 a 2008 foram publicados 32 artigos em periódicos indexados.

Houve um crescimento substancial dos artigos com esse tipo de metodologia de ensino em Física (RIBEIRO & VERDEAUX, 2012) em mais de 113,33%. Dentre o conjunto de fatores associados pelos pesquisadores a este incremento de pesquisas no âmbito da experimentação em laboratório e/ou sala de aula estão:

- Elaboração de experiências didáticas a partir de materiais simples, acessíveis e de baixo custo.
- Explicação de fenômenos do cotidiano a partir da discussão conduzida em conjunto com a experiência realizada.
- Complementação de lacunas dos livros-texto.
- Sugestões de discussões que podem ser realizadas durante a aula, a partir da condução dos experimentos sugeridos. (RIBEIRO & VERDEAUX, 2012).

O nível de complexidade existentes entre os diversos fatores das experiências didáticas visando estabelecer os subsunçores de um estudante possuem uma parcela de subjetividade que pertence à escolha do professor acerca das mesmas.

Atenuar o componente *fuzzy* deste levantamento permeia a pesquisa qualitativa com enfoque no ensino de Física. Nesse aspecto, a elaboração de questionários objetivos constitui uma ferramenta privilegiada (SILVA FILHO & FERREIRA, 2022). Ademais, a elaboração de mapas mentais, nuvem de palavras, leituras e discussões de textos, apresentação de vídeos, experimentos laboratoriais e elaboração de relatórios bem como respostas a perguntas individuais de natureza discursiva corroboram a matriz de conclusões sob as quais incidirá a validade da sequência didática preconizada pela UEPS.

5- Fundamentos da Termodinâmica

5.1- Ensino de Termodinâmica

O objetivo desta parte é verificar, de forma geral, como o estudo da Termodinâmica se encontra para que se possa alcançar os objetivos geral e específicos do produto educacional. Para uma primeira aproximação ao estudo da Termodinâmica busca-se definir ou conceituar as grandezas como Temperatura Termodinâmica³, Calor, Energia Interna, a Lei Zero e a 1º e 2º Lei da Termodinâmica, pois possuem função estrutural na consecução dos objetivos do presente trabalho.

Definir um campo científico como a Termodinâmica solicita uma discussão epistemológica e filosófica que foge do foco deste trabalho. Mas, é possível aceitar, sem perda de objetividade científica, que “*A Termodinâmica estuda a troca de matéria e a troca de energia pelo trabalho e pelo calor entre sistemas ou entre um sistema e sua vizinhança. Trabalha com os estados de equilíbrio e com as propriedades macroscópicas que caracterizam os sistemas*” (UFSM, 2020). O trabalho e o calor na sociedade do século XXI é tema recorrente nos meios de comunicação como o Efeito Estufa, a crise energética, o aquecimento global e os processos de sobrevivência da vida no planeta.

Nesse sentido (ROCHA *apud* NUSSENZVEIG, 2010, p. 39):

Termodinâmica é a parte da física que trata do calor e da temperatura, fazendo a ponte com a mecânica através da equivalência entre calor e trabalho, cujo fator de conversão foi determinado por Joule, em meados do século XIX. A obtenção precisa desse fator de conversão é um marco fundamental na construção conceitual da termodinâmica, reforçando-a enquanto instrumento de interpretação da interação entre trabalho e energia. Tanto que as leis nas quais se fundamenta, a partir da sistematização feita por Clausius, em torno do ano de 1850, dão-lhe uma característica bastante geral e de grande importância na compreensão de fenômenos no universo. É através da termodinâmica que se chega, por exemplo, a uma explicação, ao nível macroscópico da matéria, sobre a origem física da flecha do tempo, isto é, sobre a razão pela qual os fenômenos físicos parecem caminhar em um só sentido, marcando com isso a distinção entre passado e futuro. (ROCHA, 2010, p. 39)

A Termodinâmica é o campo que se estende como pela evolução dos sistemas físicos ao longo do tempo. Sua aplicação, tanto na Física quanto Engenharias, a qualifica como pilar da Ciência Moderna.

Também aponta nesse mesmo sentido (PÁDUA, 2008, p. 1):

³ Neste trabalho, salvo observação em contrário, Temperatura Termodinâmica e temperatura são equivalentes.

A Termodinâmica Clássica ou Termodinâmica do Equilíbrio é uma das áreas da Física mais bem consolidadas. É sintetizada por uma estrutura de conhecimento bem definida e auto coerente. A essência da estrutura teórica da Termodinâmica Clássica está num conjunto de leis naturais que governam o comportamento de sistemas físicos macroscópicos. Essas leis foram formuladas a partir de generalizações de observações e são, em grande parte, independentes de quaisquer hipóteses relativas à natureza microscópica da matéria. Em geral, as aproximações estabelecidas para a Termodinâmica Clássica seguem uma das duas alternativas: a *aproximação histórica* que faz uma descrição “cronológica” da evolução das ideias, conceitos e fatos e, a *aproximação postulatória*, na qual são formulados postulados não demonstrados “*a priori*”, mas que podem ter suas veridades confirmadas “*a posteriori*”. (PÁDUA, 2008 p. 57)

O cabedal empírico que possibilitou o desenvolvimento e consolidação da Termodinâmica durou, aproximadamente, 250 anos, compreendendo o período que vai desde o século XVII até o século XIX. Uma primeira aproximação à historiografia do tema assinala que “o matemático francês **Jules Henri Poincaré** (1854–1912), que levantou questões acerca das definições de temperatura e calor e dos enunciados das duas leis Termodinâmica, e, principalmente, o matemático alemão **Constantin Carathéodory** (1873–1950), que, em 1909, publicou um trabalho pioneiro, no qual propôs uma estrutura formal lógica alternativa para a Termodinâmica” (PÁDUA, p. 58, 2008).

Com relação ao campo de atuação da Termodinâmica Gugé aponta:

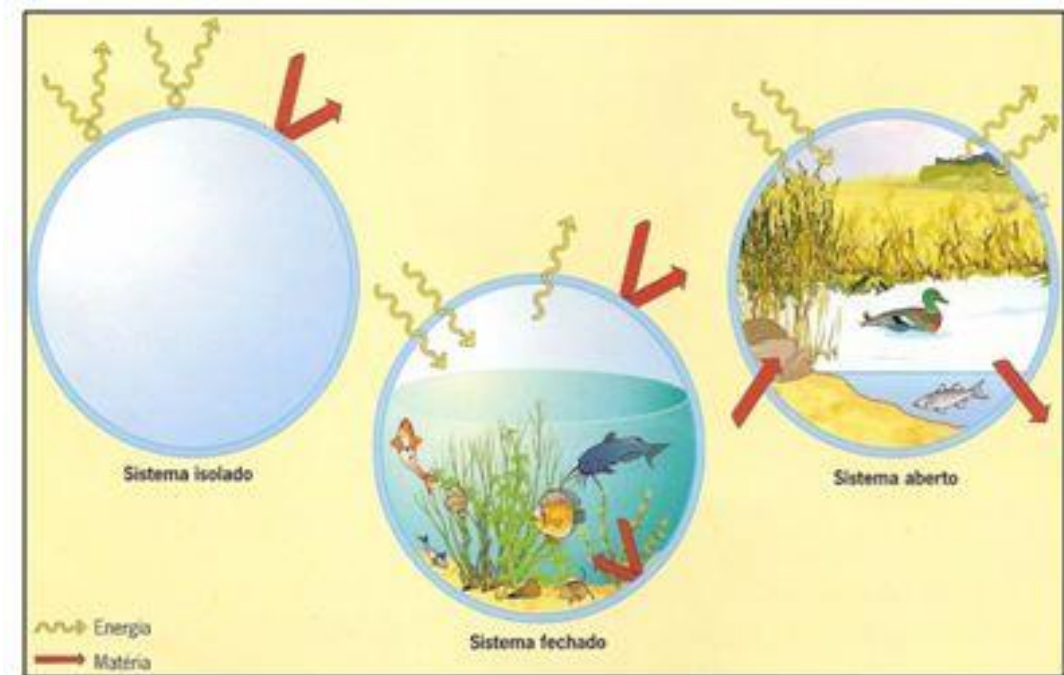
A Termodinâmica é o ramo da Física que estuda os sistemas macroscópicos (sistemas com número suficientemente grande de constituintes). Está baseada num conjunto de princípios ou leis, obtidos a partir da observação experimental, de onde se extraem as consequências lógicas. É possível explicar grande parte do comportamento dos referidos sistemas a partir desse pequeno conjunto de princípios. Esta possibilidade constitui um dos principais atrativos da Termodinâmica. (GUGÉ, 2018, p. 36)

Assim, a Termodinâmica estuda porções de matérias, denominadas sistemas, a partir de uma equação de estado que mostra, matematicamente, as relações entre grandezas termodinâmicas. Afirma o autor acima mencionado que “... *uma equação de estado é uma relação matemática entre as grandezas termodinâmicas de estado, entre funções de estado de um sistema termodinâmico. Uma equação de estado descreve o estado da matéria sob um dado conjunto de condições físicas*” preserva em si a capacidade de análise dos parâmetros físicos termodinâmicos de dado sistema.

Um sistema físico, por definição, constitui uma porção do universo delimitada por fronteiras discricionárias que permitem ao pesquisador aplicar as análises e formulações acerca de uma propriedade termodinâmica que lhe interessa.

Para o pesquisador “as variáveis de estado são grandezas que determinam o estado de um gás” (GUGÉ, 2018, p. 36). A **Figura 04** mostra a representação de um sistema termodinâmico quando submetido a diferentes fronteiras.

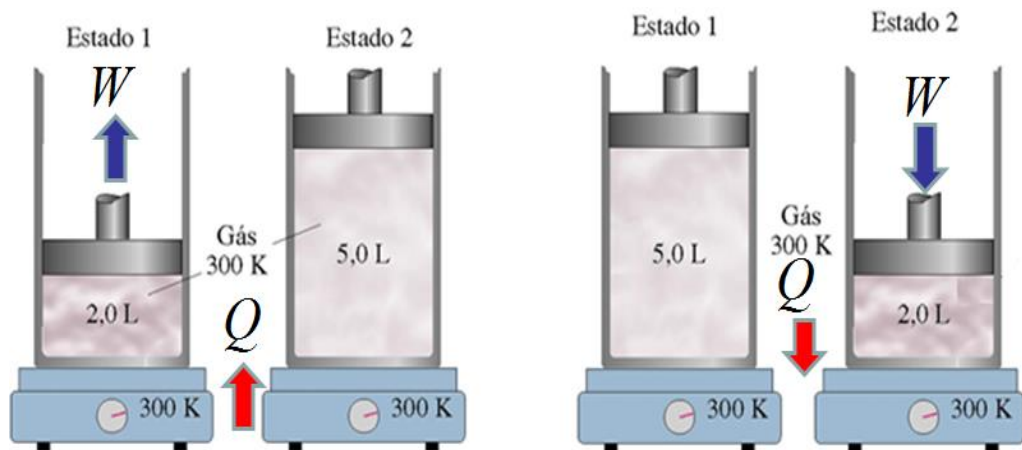
Figura 04: Sistemas Termodinâmicos



Fonte: http://gracieteoliveira.pbworks.com/f/1326571137/2C258_bio10.jpg

O fluxo de calor e massa constitui o parâmetro basilar sob o qual ocorre a definição de um sistema. O primeiro passo em qualquer consideração termodinâmica é identificar o sistema que se deseja descrever. Qualquer sistema complexo, por exemplo, uma usina de energia, pode ser visto como um composto de alguns – ou muitos – sistemas menores e mais simples que interagem entre si. Essa interação ocorre sob níveis de complexidade que são funções termodinâmicas totais do sistema.

O protótipo do sistema fechado é um dispositivo pistão-cilindro, conforme ilustrado na **Figura 05**. O dispositivo contém uma quantidade fixa de uma substância simples, ou seja, uma substância que é homogênea e não sofre alterações químicas. Da mesma forma, o pistão pode se mover livremente quando submetido à variações no fluxo de calor.

Figura 05: Sistema Pistão-Cilindro

Fonte: CASTRO, L. M., 2020.

Um sistema termodinâmico isolado tem paredes não condutoras de calor e perfeitamente refletivas de toda radiação, que são rígidas e imóveis, e que são impermeáveis a todas as formas de matéria e todas as forças (GREF *apud* CASTRO, 2020).

É fundamental definir, com base na literatura acadêmica, alguns conceitos que aparecerão ao logo deste trabalho. Essa definição não fechada em si mesma, mas possibilita uma primeira aproximação ao entendimento dos fenômenos relacionados com a Termodinâmica. Dessa forma, verifica-se que (AGUIAR & COSTA, 2011, p. 25):

Fase: quantidade da matéria totalmente homogênea, por exemplo, água líquida, água sólida e água vapor. Em cada fase, a substância pode existir em várias pressões e temperaturas, ou, usando a terminologia da Termodinâmica, em vários estados – sólido, líquido ou gasoso.

Estado: refere-se ao estado termodinâmico de um sistema caracterizado por certas propriedades macroscópicas observáveis. Algumas das mais familiares são: temperatura, pressão, densidade, volume, índice de refração etc. Cada uma das propriedades de uma substância em um dado estado tem somente um valor definido e tem sempre o mesmo valor para um dado estado, independentemente da forma pela qual a substância chegou a ele.

Propriedades macroscópicas: uma propriedade pode ser definida como uma quantidade que depende do estado do sistema e é independente do caminho – isto é, da história – pelo qual o sistema chegou ao estado considerado. Inversamente, o estado é especificado ou descrito pelas propriedades. As propriedades termodinâmicas podem ser divididas em duas classes gerais, as intensivas e as extensivas:

Propriedade extensiva: é a propriedade que depende do tamanho (extensão) do sistema ou do volume de controle. Assim, se subdividirmos um sistema em várias partes – reais ou imaginárias – e se o valor de uma dada propriedade for igual à soma das propriedades das partes, esta será uma variável extensiva. Por exemplo: volume, massa etc.

Propriedade intensiva: ao contrário da propriedade extensiva, a propriedade intensiva independe do tamanho do sistema. Por exemplo: temperatura, pressão etc.

Propriedade específica: uma propriedade específica de uma dada substância é obtida dividindo-se uma propriedade extensiva pela massa da respectiva substância contida no sistema. Uma propriedade específica é também uma propriedade intensiva do

sistema. Por exemplo: volume específico e energia interna específica, em que m é a massa do sistema, V é o respectivo volume, e U é a energia interna total do sistema.

Contato mecânico com a vizinhança: acontece quando uma variação de pressão na vizinhança produz uma variação de pressão no sistema.

Contato térmico: acontece quando uma variação de temperatura na vizinhança produz uma variação de temperatura no sistema.

Sistema adiabático: aquele que é termicamente isolado das vizinhanças.

Processo: é o caminho definido pela sucessão de estados por meio do qual o sistema passa. (AGUIAR & COSTA, 2011, p. 25)

Também são importantes a definição de sistema termodinâmico, processos rápidos e quase-estáticos. Nesse sentido, existe uma definição para sistema (STRUCHTRUP, 2014, p. 11) *“The simplest system of interest is the closed system where a substance is enclosed by walls, and no mass flows over the system boundaries [...]”*. A concepção apontada aqui é que um sistema é uma porção do universo limitada por barreiras para impedir o fluxo de massa com outros sistemas.

Continua o mesmo autor e afirma que *“The change of energy and volume of the system will lead to changes in other properties of the enclosed substance, in particular pressure and temperature. Thermodynamic laws and property relations are required to predict the changes of the different properties, and the exchange of heat and work”*, ou seja, o fluxo de massa e energia entre o sistema modifica suas variáveis de estado como temperatura e pressão que indicam a direção de orientação do processo.

Esse processo, por sua vez, quando começa a manipular um sistema que está inicialmente em equilíbrio, o estado de equilíbrio é perturbado e ocorre um novo processo (SALINAS, 1997). Quando a manipulação ocorre de forma suficientemente lenta, o sistema pode se adaptar de modo que esteja em um estado de equilíbrio a qualquer momento.

Os processos de não-equilíbrio são tipicamente heterogêneos. Sua descrição adequada requer valores das propriedades em todas as localizações, ou seja, em todos os elementos de volume dV do sistema. A descrição detalhada de processos de não equilíbrio é mais complexa do que a descrição de processos quase estáticos. Todas as aplicações da termodinâmica na vida real envolvem algum grau de desequilíbrio (CHAVES, 2001). Os processos quase-estáticos são uma idealização que serve para aproximar os processos da vida real, ou seja, não-equilíbrio.

A reversibilidade dos processos termodinâmicos dos sistemas na qual a abordagem do equilíbrio introduz uma linha do tempo de orientação para os processos: à medida que o tempo avança, um sistema isolado sempre irá em direção ao seu estado de equilíbrio único.

Apenas para processos quase estáticos, onde o sistema está sempre em estados de equilíbrio, não podemos distinguir se há orientação para frente ou para trás em relação ao tempo (CASTRO, 2020). Os processos são ditos reversíveis. Como o equilíbrio requer tempo, quase-

estático ou reversível, os processos normalmente são lentos, de modo que o sistema sempre tem tempo suficiente para se adaptar a uma mudança imposta.

5.2- Temperatura, Calor, Trabalho e Energia Interna de um corpo

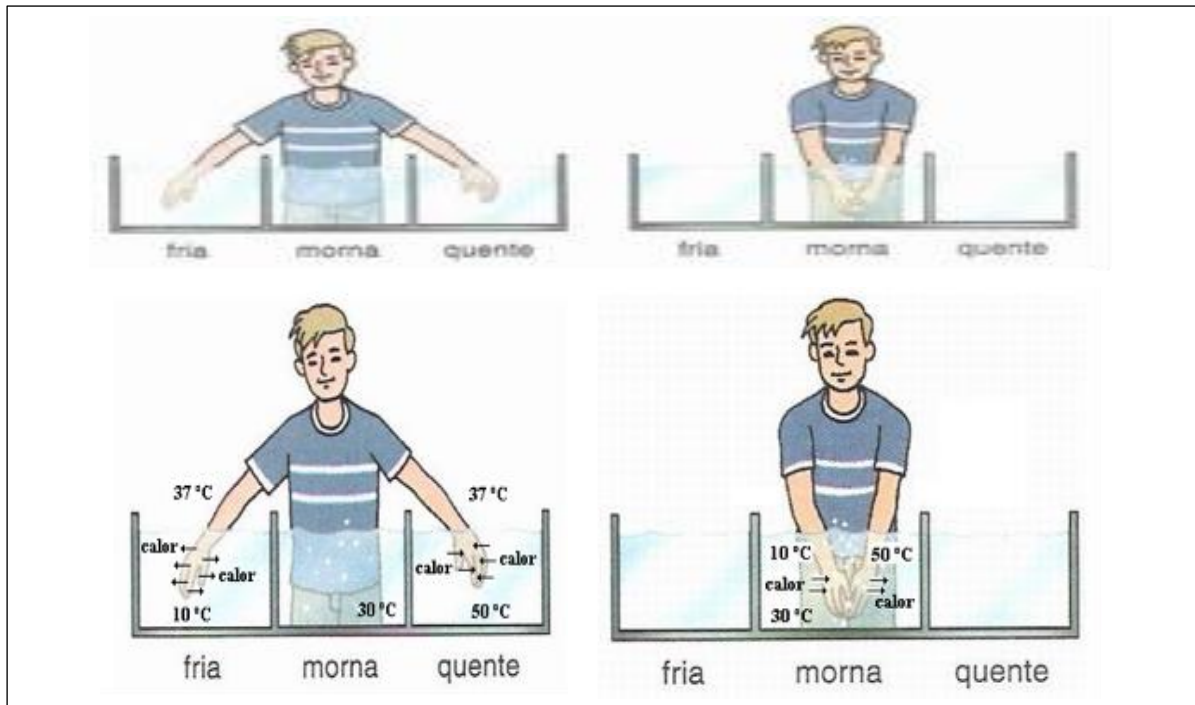
A definição de temperatura, por exemplo, encontra diversas acepções entre os pesquisadores, mas é um termo de longa data conhecido dos estudantes como, por exemplo, as sensações de quente ou frio por meio dos sentidos do corpo humano. Também chega esse conceito aos estudantes através das modificações dos estados físicos de um objeto mediante a variação de temperatura. Nesse sentido, a temperatura assume natureza de grandeza (GUGÉ, 2018, p. 28) na qual se afirma que:

O conceito de temperatura está relacionado com a sensação do que vem a ser um corpo quente ou frio. Utilizamos o tato para identificar se um objeto está quente ou frio. As propriedades físicas de um material sofrem alteração quando é aquecido ou resfriado. A maioria dos sólidos e dos líquidos se expande ao serem aquecidos, e um gás também sofre expansão ao ser aquecido com pressão constante. Essas propriedades físicas, que se alteram com a temperatura, são chamadas propriedades termométricas. Por sua vez, uma alteração em uma propriedade termométrica indica que a temperatura do corpo sofreu alteração. Uma propriedade termométrica pode ser utilizada para estabelecer uma escala de temperatura. (GUGÉ, 2018, p. 28)

A propriedade termométrica é a temperatura obtida a partir de uma sensação do que vem a ser quente ou frio. Essa definição está baseada no corpo humano como padrão de referência.

A temperatura de um corpo seria (BITTENCOURT, 2022, p. 42), então, *“Microscopicamente podemos definir a temperatura como sendo a medida da energia cinética média das moléculas de um corpo”*. Em sua pesquisa, demonstra a relação sensitiva relativista acerca do conceito de quente e frio tendo como base a temperatura do próprio do corpo do indivíduo conforme mostra a **Figura 06**.

Figura 06: Relatividade da sensação térmica.



Fonte: Disponível em: <<http://fisicaemclasse.blogspot.com/2013/03/quente-ou-frio-relatividade-da-sensacao.html>>.

No sentido anti-horário de cima para baixo, a ilustração mostra que na primeira experiência ao retirarmos a mão da água quente e coloca-se a mão na água morna esta parecerá fria. Ao retirar-se a mão da água fria e coloca-la na água morna esta vai parecer quente.

As sensações de quente e frio estão relativizadas com as outras de calor que ocorrem entre o corpo do indivíduo e seu meio externo. A água morna parece fria pois a temperatura corporal é maior do que a temperatura daquela.

Para outro catedrático (NUSSENZVEIG, 2009, p. 159) a temperatura seria uma Função Termométrica capaz de alterar outras funções como o Volume (V) e a Pressão (P):

É um fato experimental que o estado de um fluido em equilíbrio térmico fica inteiramente caracterizado pela sua pressão e volume, ou seja, para o fluido C, pelo par (Pc, Vc). Se alterarmos uma dessas variáveis, a outra também muda para outro valor bem definido quando o sistema atinge novamente o equilíbrio térmico. Cada par irá corresponder a uma dada situação de equilíbrio térmico, ou seja, uma dada temperatura. (NUSSENZVEIG, 2009, p. 159)

Para o autor acima mencionado a temperatura de um corpo seria a propriedade física capaz de modificar valores como pressão e volume de um líquido ou gás, ou seja, está relacionada diretamente com propriedades macroscópicas de um sistema.

A energia térmica de um corpo não é, então, função exclusiva da diferença de temperatura dos corpos (CHAVES, 2001), mas parte dessa energia térmica não é captada pela mesma. Dessa forma, dois sistemas que possuem o mesmo nível de agitação estão à mesma temperatura, mas não possuem a mesma energia térmica.

Dessa forma, dois ou mais sistemas que estejam no mesmo nível de agitação molecular estarão à mesma temperatura, entretanto, não possuem a mesma energia térmica. Ademais, os sistemas com maior quantidade de partículas possuirão maior energia térmica, uma vez que, esta mesma corresponde ao módulo da somatória das energias de movimento de cada partícula individualmente (SEARS & SALINGER, 1979). Assim, pode-se afirmar, com razoável segurança, que existe uma proporcionalidade entre a temperatura de um corpo e a energia térmica dele. Esta, por seu turno, não é uma função exclusiva da temperatura, mas envolve outros parâmetros termodinâmicos do sistema.

Nesse sentido, cabe afirmar a energia interna de um dado fluido é função de suas variáveis Temperatura (T), Pressão (P) e Volume (V). A equação de estado, dado duas variáveis, tendo em vista a equação de estado do fluido, “*a terceira fica definida (lembra-se que $f(T,p,V) = 0$, por exemplo $pV - nRT = 0$)*” (NUSSENZVEIG, 1981, p. 64). Pode-se escrever a energia interna como função de duas variáveis termodinâmicas:

$$U = (T, V) \quad (1)$$

Para o citado pesquisador “...o gás ideal constitui um fluido especial em que as moléculas estão suficientemente afastadas umas das outras para que a energia potencial seja nula. [...] o volume do gás não irá influenciar na energia interna. Assim, podemos escrever para o gás ideal $U = U(T)$ ” conclui-se que a energia interna não depende do volume.

O Termoscópio é uma palavra que denota que a calibragem da graduação numérica não é precisa (HALLIDAY *et al*, p. 170, 2015). Mas essa imprecisão fora sendo refinada ao longo do tempo, o que acabou gerando os atuais termômetros. Nesse sentido, pode-se afirmar que (FIGUEIREDO & CORDEIRO, 2013) “*o Termoscópio foi uma das primeiras tentativas de se medir a temperatura qualitativamente. Posteriormente com base nos estudos de Galileu, o Termoscópio foi se aprimorando até chegar o que conhecemos hoje como termômetro*”.

A evolução do Termoscópio ocorre concomitantemente com a evolução da Termodinâmica (BITTENCOURT, 2022, p. 50):

Anteriormente ao termômetro, as primeiras tentativas para mensurar temperaturas são dadas por um instrumento chamado de Termoscópio, que consistia em um aparato que utilizava uma coluna de ar em um bulbo mergulhado em um reservatório preenchido

por um líquido (água, álcool ou vinho). A invenção do Termoscópio, termômetro cujo princípio físico era a expansão do ar, tem um papel importante no desenvolvimento da termologia. Talvez as primeiras medições de temperatura com alguma precisão, de que se tem conhecimento, tenham sido realizadas por Galileu Galilei (1564-1642), em 1592. (BITTENCOURT, 2022, p. 50)

O citado autor demonstra que a escala para medir a temperatura no Termoscópio de Galileu era “graus de calor” e que esse instrumento avalia de forma qualitativa a variação de temperatura em função da variação no nível de algum fluido visível a olho nu, mas que apresentava fragilidade frente à pressão atmosférica. A trajetória do Termoscópio de Galileu permite afirmar que seus princípios físicos já estavam consolidados (BITTENCOURT, p. 50, 2022). “*O avanço na construção de termômetros reflete na grande quantidade de escalas termométricas criadas no século XVIII, que eram calibradas através de pontos fixos como o ponto de ebulição e de fusão de diferentes substâncias*” conclui o pesquisador. A trajetória da busca por uma medida da temperatura prossegue como padrão de evolução da Física e a **Figura 07** ilustra uma réplica de dito aparelho⁴.

Figura 07: Réplica do Termoscópio de Galileu



Fonte: Website *University Libraries from University of Oklahoma*, 2022.

⁴ Disponível esta e outras imagens de réplicas de aparelhos construídos por Galileu Galilei em: <https://galileo.ou.edu/exhibits/galileo-thermoscope-replica-bizzell-memorial-library>. Acesso em 13/08/2022.

Outros autores (SERWAY *et al*, 2015, p. 130) afirmam que a condição para um entendimento de temperatura de um corpo adquire sentido quando esta propriedade é relacionada com a mesma em outro corpo:

O **equilíbrio térmico** é a situação em que dois corpos em contato térmico interrompem qualquer troca líquida de energia, seja por calor ou radiação eletromagnética. Usando essas ideias, podemos desenvolver uma definição formal de temperatura. Considere dois corpos, A e B, que não estão em contato térmico, e um terceiro corpo, C, que será o nosso **termômetro**, dispositivo calibrado para medir a temperatura de um corpo. Desejamos determinar se A e B estariam em equilíbrio térmico caso fossem colocados em contato térmico. O termômetro é primeiramente colocado em contato térmico com A e sua leitura é registrada. O termômetro é, então, colocado em contato térmico com B e sua leitura também é registrada. [...] Se as duas leituras são iguais, A e B estão em equilíbrio térmico entre eles. Se forem colocados em contato térmico um com o outro não há nenhuma transferência líquida de energia entre eles. (SERWAY *et al*, 2015, p. 130).

A temperatura de um corpo seria uma propriedade comparativa frente a outros corpos. Essa propriedade poderia ser, quantitativamente, maior ou menor do que a do outro corpo. Assim, a temperatura de um corpo estaria relacionada com outra propriedade interna do sistema: a energia interna.

O caráter universal e experimental do ensino de Física pelo professor torna-se importante no contexto da aurora do século XXI para a educação brasileira (CORREIA & OLIVEIRA, 2019). Nesse sentido, a literatura acadêmica afirma que:

A Física é uma ciência cujo campo de atuação abrange a Química, a Biologia e a Saúde, dentre outras áreas do conhecimento, corroborando com a necessidade de se ter uma definição clara das grandezas físicas, principalmente na área em que é discutida originalmente (CORREIA, 2017). É compreensível que as definições na Física sejam regidas por um rigor matemático, orientado por uma investigação experimental, embasado por uma evolução histórica e pautada por uma sequência lógica. Isso, por si só constitui um desafio para professores e autores de textos didáticos (CORREIA & OLIVEIRA, 2019, p. 329).

Os obstáculos epistemológicos existem para, em princípio, romper com o confinamento e restrição de uma corrente de pensamento científico com o objetivo de elevar ao estado de arte a definição e conceituação de um fenômeno físico. Dentro desta perspectiva, o progresso da ciência em qualquer campo, inclusive na Termodinâmica, abarca uma evolução contínua do pensamento teórico e aplicado da área em tela.

Quando se procuram as condições psicológicas do progresso da ciência, logo se chega à convicção de que é em termos de obstáculos que o problema do conhecimento científico deve ser colocado (BACHELARD, 1996, p. 17). Para o autor deste trabalho, uma UEPS possui a

qualidade de propiciar a superação de obstáculos epistemológicos, pois consagra a motivação, a autoeficácia e conhecimento dos envolvidos no processo de ensino-aprendizagem.

Nesse sentido, pode-se afirmar, evitando os obstáculos epistemológicos, que calor é uma energia térmica parcialmente captada [pois não é obtida exclusivamente da diferença de temperatura] (CORREIA & LIMA, 2008, p. 9) e que se transfere entre os corpos com distintas temperaturas:

Entendemos que a definição de calor seja “a energia em transferência entre dois sistemas (ou corpos), devida exclusivamente da diferença de temperatura entre eles”. Com isso, o calor só deverá existir na fronteira entre corpos ou sistemas e não dentro deles. (CORREIA & LIMA, 2008, p. 9).

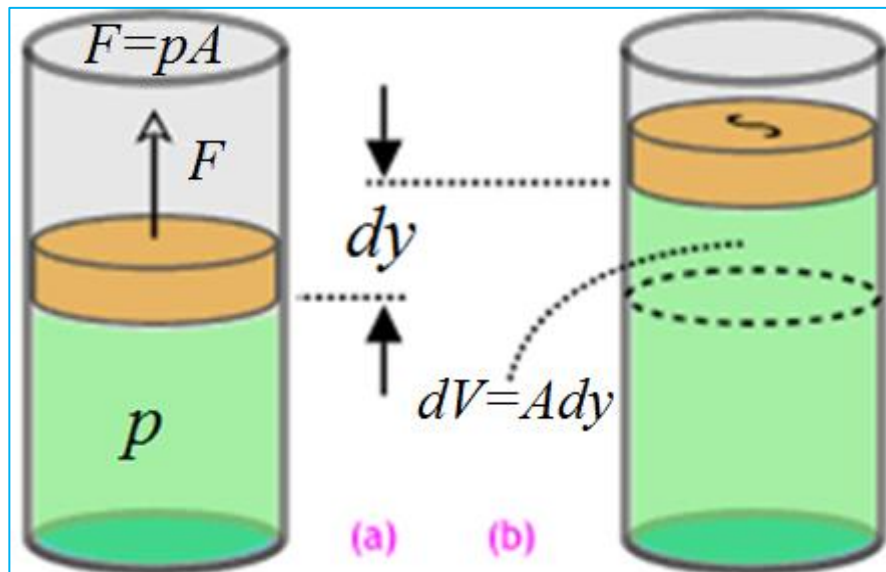
Esse obstáculo para o progresso da ciência pode ser superado por diversas maneiras. A junção das teorias cognitivas de aprendizagem significativa, da qual a UEPS é tributária, ressalta sua forma progressiva de sedimentar o conhecimento de forma perene no aluno.

Segundo a Enciclopédia Britânica *Online* (BRITÂNICA, 2022) trabalho (W) é:

[...] em física, medida de transferência de energia que ocorre quando um objeto é movido a uma distância por uma força externa, pelo menos parte da qual é aplicada na direção do deslocamento. Se a força for constante, o trabalho pode ser calculado multiplicando o comprimento da trajetória pela componente da força que atua ao longo da trajetória. (BRITÂNICA, 2022)

O conceito mencionado pela Enciclopédia Britânica leva a uma análise mais pormenorizada. Inicialmente, considera-se um dispositivo que contém um volume (V_1) de gás mantido confinado por meio de um êmbolo móvel [**Figura 08 em (a)**]. Esse embolo móvel desloca-se por uma unidade pela força da pressão (F) exercida pelo gás sobre a área do êmbolo ao fim do qual atinge novo volume (V_2).

Figura 08: Trabalho de uma Força



Fonte: CASTRO, L. M., 2020.

O trabalho elementar dW feito por esse sistema é definido como:

$$dW = F dy = p A dy \quad (2)$$

$$dW = p dV \quad (3)$$

Como o Trabalho é definido para os estados inicial (V_1) e final (V_2) tem-se (CASTRO, 2021) que:

Se consideramos uma força externa F e uma distância dS chega-se à expressão matemática do trabalho (W):

$$W = \int_{S_1}^{S_2} F dS \quad (4)$$

Considerando que a massa do gás, em mols, seja constante e que o sistema seja do tipo pistão-cilindro e que o mesmo saia de um volume V_1 para um volume V_2 , mantida a temperatura constante, a expressão XX assume a forma abaixo:

$$W = \int_{V_1}^{V_2} p dV \quad (5)$$

Se o gás é um gás ideal

$$p = \frac{nRT}{V} \quad (6)$$

O valor de p é originado da equação dos gases perfeitos. Um gás dito perfeito é um gás que obedece a uma série de pressupostos definidos tendo seu comportamento previsível pois obedece a Equação de Clayperon:

$$P.V = n.R.T \quad (7)$$

De forma sintética, pode-se afirmar que um gás ideal (MENESES, p. 137, 2010) é aquele que:

- O espaço entre dois ou mais átomos ou moléculas é preenchido por outra partícula.
- Não se considera o MHS entre átomos e moléculas assim como a sua rotação.
- São desprezadas as forças de interação nucleares.
- São desprezadas as forças eletronucleares.

Assim, o trabalho de um sistema físico leva a uma transferência de energia para outro sistema quando o primeiro é submetido a uma força externa. No campo da Termodinâmica (VICARI, 2018, p. 12):

Em Termodinâmica o trabalho é um conceito macroscópico e seu valor pode ser positivo, quando a força exercida pelo gás empurra o pistão, ou negativo, quando o deslocamento do pistão comprime o gás. Quando as moléculas do gás empurram o pistão e o volume da câmara aumenta, o gás realiza um trabalho positivo. Quando as moléculas do gás são empurradas pelo pistão em um processo de compressão, acarretando a redução do volume da câmara, o gás realiza um trabalho negativo. (VICARI, 2018, p. 12)

A substância de trabalho é a substância que absorve, armazena e transfere energia como, por exemplo, um gás perfeito ou ideal (Nitrogênio, Oxigênio, etc.).

Para tal fim, a substância de trabalho realiza um Ciclo Termodinâmico. O Ciclo Termodinâmico corresponde a um conjunto de alterações de estado da substância tal que o seu

estado final é o mesmo do seu estado inicial de forma que o sistema retorna aos seus parâmetros termodinâmicos iniciais.

Cabe mencionar que esse sistema termodinâmico apresenta as seguintes características:

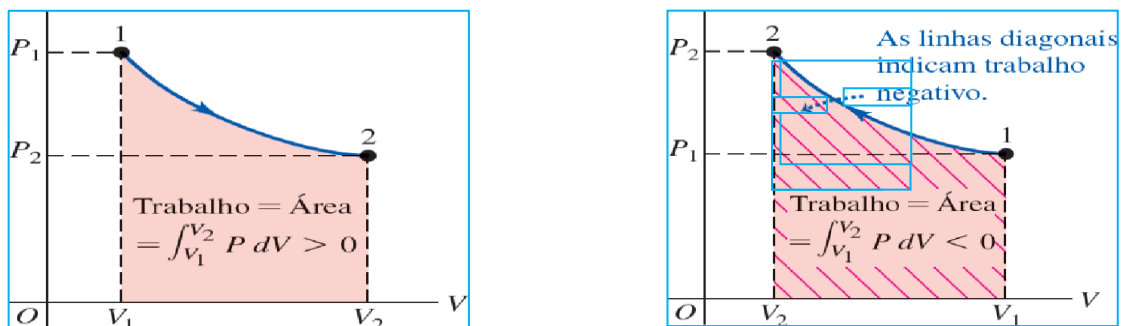
- O universo termodinâmico corresponde ao conjunto formado pelo sistema propriamente dito mais o meio externo circundante.
- As propriedades de qualquer sistema são a massa (m), pressão (P), temperatura (T) e volume (V).
- A fronteira do sistema termodinâmico permite, exclusivamente, intercâmbio de trabalho e/ou calor.

Observa-se que o sentido de deslocamento do sistema influencia natureza do trabalho (W) realizado. Igualmente, no diagrama $P \times V$ a área sob a curva determina o módulo do trabalho realizado e sua natureza fica determinada pelo sentido da trajetória.

Transformação termodinâmica é um processo pelo qual um sistema termodinâmico muda de um estado de equilíbrio termodinâmico para outro. O equilíbrio termodinâmico é estabelecido quando uma de suas variáveis (P , V , T) não sofre mudanças no transcurso do tempo.

Assim, as mudanças de temperatura dos sistemas geram transformações e estas podem ser cíclicas ou não. À esquerda, o diagrama $P \times V$ de um sistema passando por uma expansão a pressão variável e, à direita, o diagrama $P \times V$ de um sistema passando por uma compressão à pressão variável (**Figura 09**).

Figura 09: Diagrama Pressão x Volume



Fonte: Modificado pelo autor com base em Vicari, 2018, p. 12.

A partir da observação pode-se afirmar que o sentido de deslocamento do volume de um sistema caracteriza a natureza do trabalho realizado. Quando ocorre um aumento no volume

($V_2 > V_1$) o trabalho, dado pela área sob a curva, é positivo. Em caso contrário, ocorre um trabalho negativo ($V_2 < V_1$).

O conceito de calor, por sua vez, está associado a uma noção de processo irreversível. Por exemplo, a difusão de um gás no vácuo quando se rompem as barreiras que o impedem de atingir outro sistema. É altamente improvável que as partículas do gás retornem para o sistema inicial que o continha. Concretamente (CASTRO, 2020):

Na experiência cotidiana percebemos que o calor sempre vai naturalmente do corpo mais quente para o mais frio, até que as temperaturas se equilibrem. Mas nunca acontece o contrário: o calor naturalmente ir do corpo mais frio para corpo mais quente, esquentando o mais quente e esfriando o mais frio. Essa frase anterior chega a incomodar do absurdo que ela reflete. Porque acontece isso, se as duas transformações são equivalentes em termos energéticos: a energia seria conservada em ambas as situações. As mudanças que acontecem com a energia dentro de um sistema fechado não impõem o sentido de processos irreversíveis. Essa direção é imposta pela análise da variação de uma outra grandeza termodinâmica: a entropia. A **entropia** está associada com o grau de organização de um sistema. E esse grau de organização não pode nunca diminuir naturalmente. (CASTRO, 2020, grifo nosso)

Dessa forma, o conceito de calor está imbricado com o conceito de entropia. O calor é a energia que é transferida entre um sistema e seu ambiente, devido a uma diferença de temperatura que existe entre eles (HALLIDAY *et al*, 1993, p. 183).

Nesse mesmo sentido (McKELVEY *et al*, 1979 p. 621) o calor é definido como uma forma de energia que pode ser transferida das moléculas de um corpo para outro devido a uma diferença de temperatura entre eles mesmo na condição de equilíbrio térmico tais corpos podem apresentar uma energia média por moléculas distinta.

Tal visão, inclusive, concorda com a análise de outros pesquisadores (KREMER, 2005; CORREIA & LIMA, 2008).

A Entropia é uma grandeza Termodinâmica que relaciona um sistema com seus níveis de degeneração da organização do mesmo. Esse parâmetro será mais discutido na parte deste capítulo que trata das Leis da Termodinâmica.

A variação da energia interna (ΔU) de um sistema (AGUIAR *et al*, 2011, p. 42) é a soma de todas as energias que o sistema termodinâmico possui nas fronteiras de análise do mesmo. Tais parcelas de energia correspondem um estado termodinâmico e para um sistema pVT:

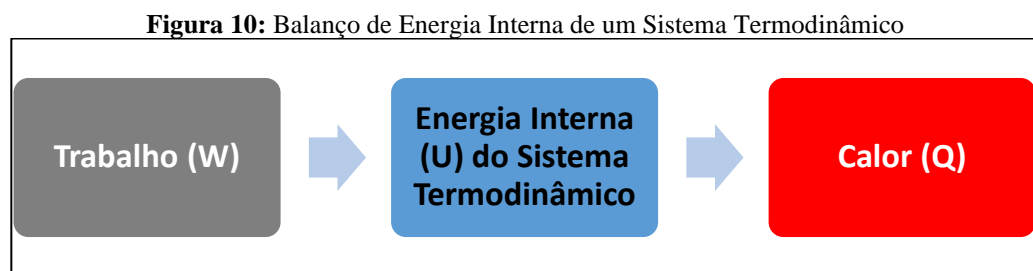
$$U = U(T, p, m) \quad (8)$$

Dessa forma, a energia interna é uma energia relacionada com o movimento molecular que compõe o sistema termodinâmico (somatório de todas as energia macroscópicas do

sistema). Movimento este que se compõe de rotação, translação e vibração molecular de forma contínua ao longo do tempo.

O calor (Q) e o trabalho realizado (W) que ultrapassa as fronteiras de análise do sistema termodinâmico, conforme mostra a **Figura 10**, bem como as energias potencial (E_p) e cinética (E_c), o balanço corresponde à variação de energia interna do sistema (ΔU):

$$\Delta U = Q - W - \Delta E_p - \Delta E_c \quad (9)$$



Fonte: Elaborado pelo autor com base em AGUIAR *et al*, 2011, p. 42.

O balanço de energia dado pela equação (9) corresponde a uma variação de energia interna do sistema termodinâmico entendido esta como “(...) a energia interna U pode ser a energia cinética E_c de translação, rotação e vibração e a energia potencial E_p das forças intermoleculares e das interações dos respectivos campos de força” (AGUIAR *et al*, 2011, p. 43).

Um sistema em contato com outro por meio de uma fronteira diatérmica fixa, varia a sua energia interna, pois que nenhum trabalho será realizado:

$$\Delta Q = \Delta U \quad (10)$$

Onde ΔQ corresponde a parcela de energia térmica cedida ou absorvida pelo sistema termodinâmico e ΔU é a variação em sua energia interna.

Para diferenciar o sentido de orientação do “fluxo de calor”:

ΔQ = fluxo de calor absorvido pelo sistema termodinâmico

$\Delta Q'$ = fluxo de calor cedido pelo sistema termodinâmico

Dois corpos estão em contato térmico e nenhum fluxo de calor ocorre para a vizinhança, pode-se afirmar (McKELVEY *et al*, 1979, p.624):

$$\Delta Q + \Delta Q' = 0 \quad (11)$$

O calor flui do corpo mais quente para o corpo mais frio. Matematicamente esse princípio está descrito na equação (9). De forma análoga à energia térmica, a energia interna está conformada por:

$$\Delta U + \Delta U' = 0 \quad (12)$$

As equações (11) e (12) quando combinadas traduzem o princípio de que “*No estado final dos sistemas combinados não existe diferença de temperatura, logo, não há mais fluxo de calor e que ocorre o equilíbrio térmico*” (McKELVEY *et al*, 1979, p.625).

Quando ocorre trabalho realizado durante uma transformação gasosa à temperatura constante (McKELVEY *et al*, 1979, p.695; MENESES *et al*, 2010, p. 141; CASTRO, 2020) se o sistema for um gás ideal numa evolução isotérmica, escrevemos:

$$W = -nRT \ln \left(\frac{V_A}{V_B} \right) \quad (13)$$

onde:

n= número de mols (ou moles)

R= constante universal dos gases perfeitos

T= temperatura termodinâmica

V_A= Volume do gás no estado A.

V_B= Volume do gás no estado B.

Os conceitos, fundamentos e princípios enunciados e discutidos anteriormente permitem adentrar dentro das Leis da Termodinâmica. Essas Leis determinam o comportamento dos sistemas físicos termodinâmicos na natureza e permitem aproveitar a energia térmica para uso industrial e científico pela humanidade. A mitigação delas possibilita a expansão e aplicação do conhecimento em diversas áreas.

5.3- Leis da Termodinâmica

A natureza da definição de temperatura e calor nos livros didáticos do ensino médio e superior constitui um primeiro obstáculo a ser vencido nesse fito como bem assinalam os pesquisadores mencionados neste capítulo.

A utilização da energia térmica em processos industriais na sociedade constitui a orientação da evolução da Termodinâmica ao longo do tempo enquanto parte da Física (BASSALO, 2005).

Para tanto, as Leis enunciadas neste processo constituem uma evolução e sistematização do conhecimento em distintos momentos históricos.

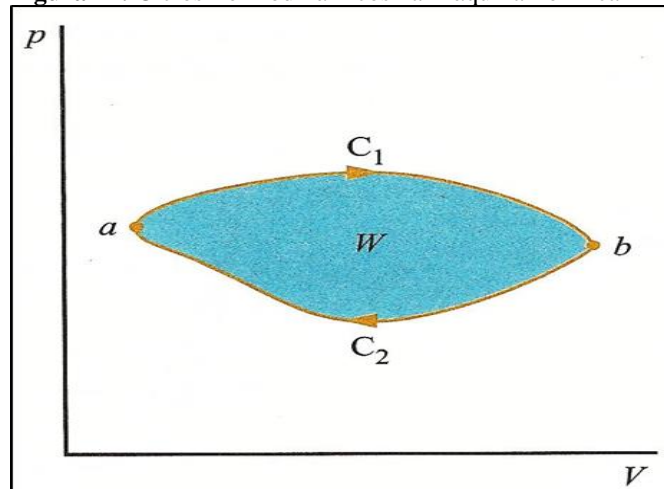
A compreensão de como se dá o equilíbrio térmico possibilitou formular a denominada Lei Zero da Termodinâmica. A evolução da Termodinâmica permitiu compreender que a energia se conserva em qualquer transformação, embora parte da mesma se torne inaproveitável (SEARS & SALINGER, 1979). Ponto fundamental desta evolução foi que o trabalho pode ser positivo ou negativo dependendo da orientação do mesmo e dos sistemas termodinâmicos: no caso dos gases perfeitos ou o gás realiza trabalho ou sofre trabalho. Este, por seu turno, ocorre em qualquer direção.

O aproveitamento da energia térmica ocorre por meio de dispositivos tecnológicos denominados de máquinas térmicas (SALINAS, 1997). De uma forma ou outra, um sistema termodinâmico pode ser considerado uma máquina térmica.

Pode-se definir mais categoricamente uma máquina térmica (CASTRO, 2020) *“Máquina térmica ou motor é um dispositivo que extrai energia do ambiente, na forma de calor, e realiza trabalho útil. No interior de toda máquina térmica está uma substância de trabalho, que sofre as transformações termodinâmicas que possibilitam as mudanças de forma da energia”*. Respeitadas as devidas proporções e numa visão muito simplificada, o corpo dos seres vivos é uma máquina térmica.

Uma máquina térmica opera em ciclos. A trajetória que sai de “a” e vai até “b” pelo Ciclo C_1 (trajetória **ab**) determina um nível de energia interna e trabalho.

A trajetória que sai de “b” e vai até “a” determina o mesmo nível de energia interna e trabalho, porém com sentido distinto (trajetória **ba**) conforme mostrado na **Figura 11**.

Figura 11: Ciclos Termodinâmicos na Máquina Térmica

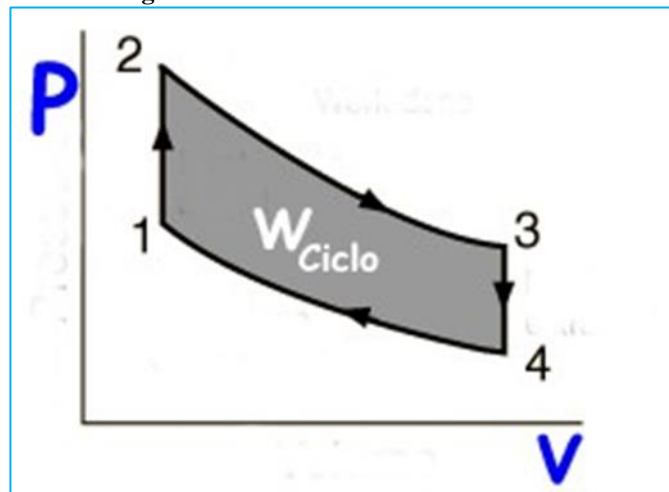
Fonte: CASTRO, L. M., 2020.

O citado catedrático determina que o balanço de energia e trabalho é dado pelos ciclos realizados pela substância de trabalho. A **Figura 11** mostra o comportamento de uma substância de trabalho ao realizar um ciclo no qual seu estado inicial coincide com o estado final.

Esse sentido de orientação da transformação gasosa da substância de trabalho é um fator importante na análise termodinâmica do balanço de energia interna de um sistema.

É a partir da matriz analítica do balanço de energia que a Termodinâmica atinge novas categorias de compreensão dos fenômenos térmicos. Consequentemente, novas possibilidades dentro da organicidade da sociedade passam a existir.

A **Figura 12** representa um ciclo no qual a substância de trabalho sai de um estado, percorre uma trajetória Termodinâmica própria e retorna ao estado original. Cada ramo desse ciclo representa algum tipo de transformação gasosa. O trabalho total realizado por um gás ideal no ciclo corresponde à somatória dos trabalhos parciais em cada ramo do mesmo.

Figura 12: Ciclo Termodinâmico

Fonte: CASTRO, L. M., 2020.

Os fundamentos do ciclo ilustrado na **Figura 12** (CASTRO, 2020) possuem os seguintes parâmetros:

$$1) \Delta U_{\text{ciclo}} = \sum \Delta U = 0; \text{ pois } T_{\text{final}} = T_{\text{inicial}}.$$

$$2) Q_{\text{ciclo}} = \sum Q$$

$$3) W_{\text{ciclo}} = \sum W = \text{Área}_{12341}$$

O ciclo mostrado confirma (SEARS & SALINGER, 1979) os fundamentos da denominada 1ª Lei da Termodinâmica, uma vez que, a variação da energia interna no ciclo corresponde à diferença entre a quantidade de calor e trabalho nele. Ademais, informa que o calor durante a realização do ciclo corresponde ao Trabalho realizado no mesmo. Matematicamente:

$$\Delta U_{\text{ciclo}} = Q_{\text{ciclo}} - W_{\text{ciclo}} \quad (14)$$

$$Q_{\text{ciclo}} = W_{\text{ciclo}} \quad (15)$$

Com base no conceito de temperatura de um corpo (UFSM, 2020) pode-se enunciar a Lei Zero da Termodinâmica:

A lei zero da Termodinâmica estabelece o seguinte: dois sistemas em equilíbrio térmico com um terceiro estão em equilíbrio térmico entre si. Esta lei justifica o conceito de temperatura como sendo a propriedade que, sendo igual para dois sistemas, indica que estão em equilíbrio térmico.

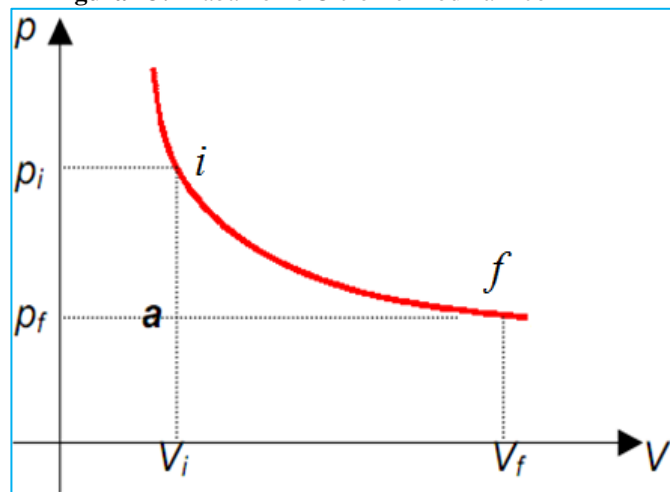
Em termos práticos, para saber se dois sistemas têm a mesma temperatura não é necessário colocá-los em contato térmico entre si, bastando verificar se ambos estão em equilíbrio térmico com um terceiro corpo, chamado termômetro.

Dito de outra forma, consideremos que quando o sistema A está em equilíbrio térmico com o termômetro, ele indica a temperatura T_A e quando o sistema B está em equilíbrio térmico com o mesmo termômetro, ele indica a temperatura T_B . Então, se $T_A = T_B$, os sistemas A e B estão em equilíbrio térmico um com o outro. (UFSM, 2020).

A Lei Zero da Termodinâmica, então, afirma que o balanço de energia térmica entre dois corpos em equilíbrio térmico e um terceiro corpo estiver, também, em equilíbrio térmico com os dois primeiro, todos os corpos estarão em equilíbrio térmico entre si.

O trabalho realizado pelo gás depende da orientação do mesmo. Assim, o trabalho realizado para deslocar-se desde **i** até **f** no trajeto **if** não é o mesmo que se houver trabalho no sentido desde **i** até **a** no trecho **ia**, conforme mostra a **Figura 13**, porque do trabalho associado à mudança de estado do sistema não é único (CASTRO, 2021).

Figura 13: Trabalho no Ciclo Termodinâmico



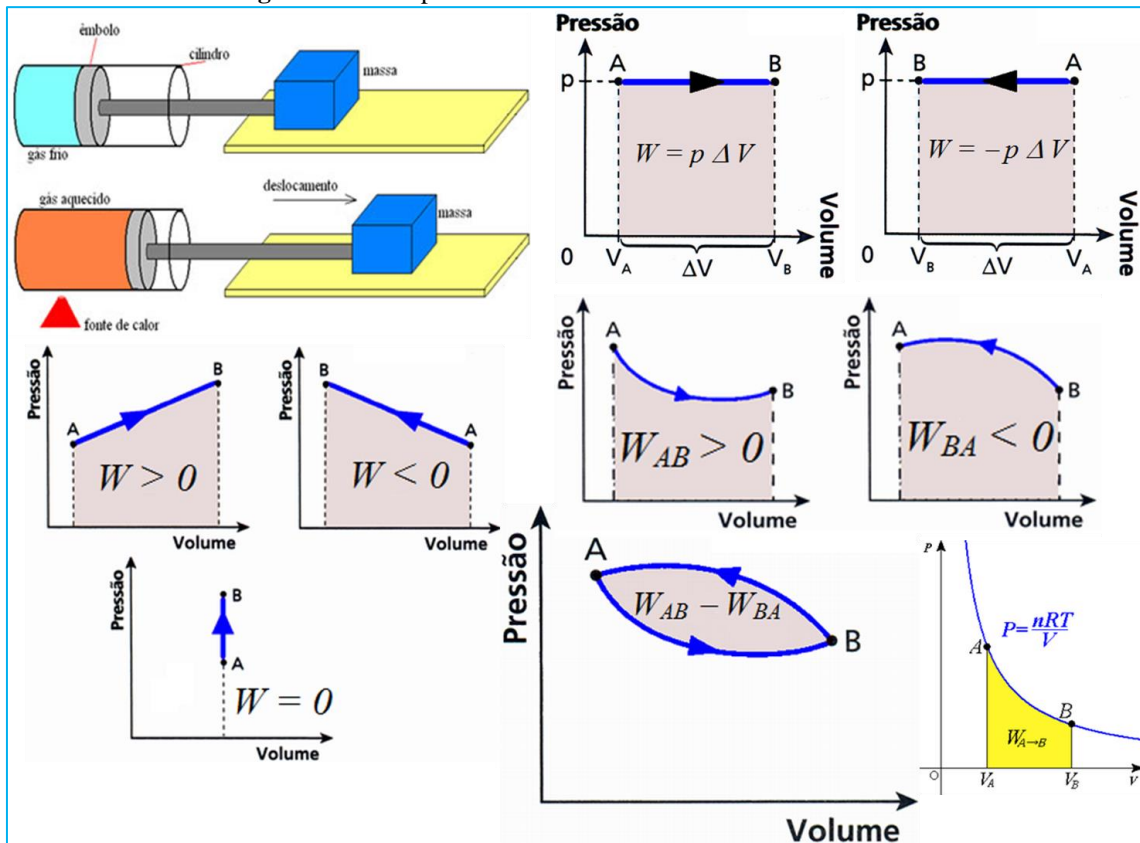
Fonte: CASTRO, L. M., 2020.

Os distintos níveis de pressão e volume do gás (NUSSENZVEIG, 1981) determinam a natureza do Trabalho termodinâmico realizado:

- 1) $W > 0$ = Trabalho motor (energia que sai do sistema ou trabalho realizado pelo sistema sobre a vizinhança).
- 2) $W < 0$ = Trabalho resistente (energia que entra no sistema ou trabalho realizado pela vizinhança sobre o sistema).

A **Figura 14** mostra alguns exemplos de como a orientação seguida pelos estados termodinâmicos determina a natureza do trabalho realizado.

Figura 14: Exemplos de natureza do Trabalho Termodinâmico.



Fonte: CASTRO, L. M., 2020.

No canto superior esquerdo da **Figura 14** está o trabalho realizado pelo gás sobre deslocamento de uma massa conectada a um cilindro que possui um êmbolo móvel.

Nos gráficos de Pressão x Volume do canto superior direito e da parte mediana mostra como a variação, positiva ou negativa, de um volume define a natureza do trabalho realizado: motor ($W > 0$) ou resistente ($W < 0$).

No canto inferior esquerdo aparece a situação na qual o trabalho realizado é nulo pois não há variação no volume do gás (NUSSENZVEIG, 1981). Da mesma forma, mostra quando o gás realiza um ciclo fechado, assim seu trabalho é a diferença das áreas sobre cada uma da curva. O trabalho realizado na trajetória de uma isoterma de Andrews (canto inferior direito) obedece à variação do volume, positiva ou negativa.

Importante destacar que a temperatura de equilíbrio térmico não corresponde a uma média das temperaturas. Essa condição, *per se*, não invalida o conceito de temperatura ensinado nos livros didáticos, porém limita o conhecimento sobre o conceito de calor, uma vez que, um

sistema físico formado por um maior número de partículas possuirá maior nível de energia térmica devido ao fato de que esta é o resultado da somatória das energias individuais das partículas que compõem o sistema. Aqui, o número de partículas que o compõe se mantém constante ao longo do tempo posto que a variação do mesmo acarreta variação na energia térmica total.

Essa discussão, inclusive, já ocorre há muito tempo (BITTENCOURT, 2022, p. 51) entre os pesquisadores:

No final do século XVIII, existiam duas hipóteses alternativas sobre o calor. A hipótese mais aceita considerava o calor como uma substância fluida indestrutível, que “preencheria os poros” dos corpos e escoaria de um corpo mais quente a um mais frio. Lavoisier chamou essa substância hipotética de “calórico”. A implicação era que o calor poderia ser transferido de um corpo a outro, mas a quantidade total de “calórico” se conservaria, ou seja, existiria uma lei de conservação de calor. A hipótese rival, endossada entre outros por Francis Bacon e Robert Hooke, foi assim expressa por Newton em 1704: “O calor consiste num minúsculo movimento de vibração das partículas dos corpos”. A principal dificuldade estava na “lei de conservação do calórico”, pois a quantidade de calórico que podia ser “espremida para fora” de um corpo por atrito era ilimitada. Daí considerar que calor e trabalho “são formas de energia” trocadas com o sistema. (BITTENCOURT, 2022, p. 51)

Para alguns autores (CORREIA & LIMA, 2008) existe uma proporcionalidade entre energia térmica e temperatura, mas aquela não é função exclusiva desta em um sistema termodinâmico. Outra variável que deve ser considerada quando se analisa a termodinâmica de qualquer sistema é o Trabalho (W).

A consolidação dos conceitos de temperatura e calor, mesmo com certas assimetrias históricas, propiciou a consolidação da 1ª Lei da Termodinâmica. Assim, afirma-se que (ROCHA, 2010, p. 42):

A primeira lei da termodinâmica é uma generalização do princípio de conservação da energia, sendo sua característica marcante a consideração do calor como uma forma de energia, em certo sentido distinta das demais, porque é para ela que todas as outras parecem tender. Por essa razão, o calor é a forma de energia cuja observação permite uma oposição mais nítida entre energia e trabalho, este entendido como outra categoria de interação entre os sistemas físicos. Útil à formulação da primeira lei da termodinâmica, concebe-se a energia interna de um sistema como uma função de estado (isto porque não depende do caminho de qualquer processo), correspondendo à soma do trabalho realizado sobre esse sistema com a diferença entre o calor cedido ao sistema e o calor cedido pelo sistema. (ROCHA, 2010, p. 42)

Observa-se pela citação acima que um princípio de conservação da energia, oriunda da Termodinâmica, fundamentou a evolução teórica do calor como fonte de energia assim como categoria e interação entre sistemas. Igualmente, mostrou a direção de evolução dos processos físicos com base na independência do caminho descrito pelos mesmos.

O calor (Q) é a “energia transferida para ou de um sistema termodinâmico como resultado da diferença de temperatura deste com sua vizinhança” e a energia interna (ΔU) refere-se “à energia cinética aleatória de translação, rotação ou vibração que as moléculas do sistema termodinâmico possam possuir além da energia potencial de interação entre elas” (McKELVEY *et al*, p. 622, 1979). Portanto, a energia interna não se remete à qualquer energia cinética externa do sistema ou que o mesmo possa ter em função da translação do seu centro de massa ou ao movimento rotacional, tão pouco refere-se a energia potencial decorrente da ação de forças externas.

Para os pesquisadores, a energia interna (ΔU) é estritamente vinculada com a temperatura do sistema termodinâmico e esta vinculação pode ser descrita para qualquer sistema. Entretanto, não é universal e depende da estrutura interna do sistema termodinâmico como, por exemplo, para um gás ideal, um vapor denso ou uma substância cristalina.

Para a Termodinâmica (CASTRO, 2021):

A energia U de um sistema deve depender unicamente do valor de suas variáveis termodinâmicas, e portanto, de seu estado termodinâmico. No estado 1 essa energia tem valor U_1 , e no estado 2 seu valor é U_2 .

A diferença $\Delta U = U_2 - U_1$ não pode depender da forma como o sistema evolui do estado inicial para o estado final. Por outro lado, a alteração da energia do sistema deve ser igual ao calor recebido da vizinhança menos o trabalho que ele realiza sobre a vizinhança, combinando tais fatos escrevemos $\Delta U = Q - W$. (CASTRO, 2021)

O aumento na energia interna do sistema termodinâmico mais o total de trabalho externo realizado é equivalente a esta mesma energia térmica absorvida. Matematicamente na forma diferencial:

$$dU = d'Q - d'W \quad (16)$$

Rearrmando a equação (14) chega-se a:

$$d'Q = d'U + d'W \quad (17)$$

onde:

$d'Q =$ Energia térmica absorvida pelo sistema termodinâmico

$d'U =$ Variação da energia interna do sistema termodinâmico

$d'W = \text{Trabalho realizado pelo sistema termodinâmico}$

Quando $d'Q < 0$, a energia interna decresce ($d'U < 0$) ou $d'W$ decresce, situação na qual o trabalho é realizado no sistema e não por ele. O equilíbrio térmico entre sistemas termodinâmicos fica caracterizado quando não existem diferenças de temperatura e não há mais fluxo de calor entre eles (McKELVEY *et al*, 1979, p. 625).

Desse modo, Temperatura Termodinâmica (T), Calor (Q) e Trabalho (W) são parâmetros termodinâmicos de um sistema que compõem os pilares básicos para a compreensão de um amplo espectro de fenômenos que ocorre na natureza. Tendo esta perspectiva, pode-se “[...] conceber o trabalho como uma forma de intercâmbio de energia. (Entendendo, evidentemente, por variações ou intercâmbios de energia a modificação das configurações das partes do sistema que se interagem)” (DOMÉNECH *et al.*, *apud* GOMES, 2015, p. 764).

Calor é a energia transferida para um sistema como resultado de uma diferença de temperatura entre o sistema e sua circunvizinhança (McKELVEY *et al*, 1979, p. 622). O calor é uma manifestação termodinâmica que mantém relação direta com a temperatura de um sistema e seu entorno. Com base nessa definição (BOTTECCHIA, 2010), afirma-se que:

A troca de energia com a vizinhança, seja na forma de Q ou W muda o estado de equilíbrio do sistema. As grandezas Q e W não são características do estado de equilíbrio do sistema, mas sim dos processos termodinâmicos pelos quais o sistema passa quando vai de um estado de equilíbrio para outro. Desse modo, se um sistema vai de um estado de equilíbrio inicial para um outro estado de equilíbrio final, por dois caminhos diversos, para cada caminho ele terá um valor de Q e W específico. (BOTTECCHIA, 2010)

As proporções entre o trabalho (W), o calor (Q) também é um processo pelo qual é possível variar a energia de um sistema. Nesse sentido, as diversas interações que ocorrem em um sistema (GOMES, 2015, p. 764) modificam seus parâmetros termodinâmicos de tal forma que:

A diferença é que o trabalho (W) envolve interações macroscópicas em que as forças são mensuráveis, ao contrário do calor (Q) que pode ser interpretado como um conjunto de micro trabalhos, realizados em nível microscópico, que ocorrem como consequência do contato entre objetos de diferentes temperaturas ocasionando a variação da energia interna de ambos (GOMES, 2015, p. 764)

O citado pesquisador (CASTRO, 2020) expande sua análise e advoga que o entendimento da Energia Interna como a:

[...] a energia associada aos componentes microscópicos de um sistema – átomos e moléculas – quando vistos a partir de um referencial em repouso em relação ao sistema. Inclui a energia cinética e potencial associada com o movimento aleatório translacional, rotacional e vibratório dos átomos ou das moléculas que compõem o sistema, bem como a energia potencial intermolecular (CASTRO, 2020).

Dessa forma, pode-se afirmar (BASSALO & CATTANI, 2005) que calor (Q) e trabalho (W) são manifestações termodinâmicas da energia onde o calor (Q) transita espontaneamente de um corpo para outro por causa da diferença de temperatura entre eles.

Trabalho é a energia transferida de um sistema para outro de tal forma que não haja interferência da temperatura.

Esses dois fundamentos permitem discutir a 2ª Lei da Termodinâmica. Entretanto, faz-se necessário discutir o conceito de Entropia (SEARS & SALINGER, 1979). Esse conceito está aprofundado e imbricado na Termodinâmica.

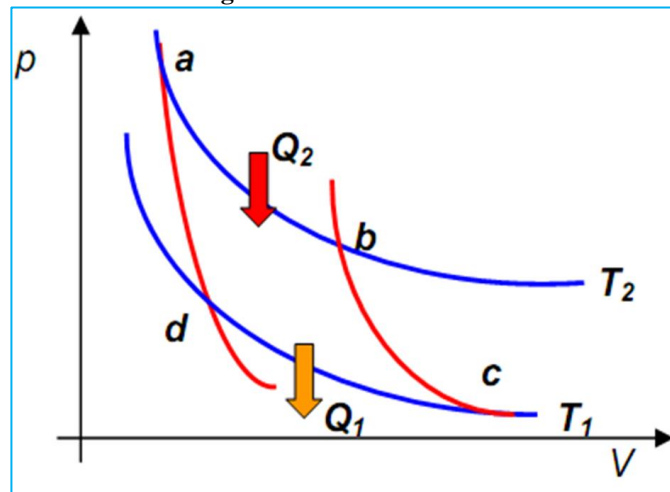
O fluxo de calor e o trabalho realizado por um sistema termodinâmico acarreta ciclos que podem ser aproveitados pelas máquinas térmicas. Esses ciclos podem ser reversíveis ou não. Durante tais ciclos “o grau de desordem do universo aumenta num processo irreversível e permanece o mesmo num processo reversível” (McKELVEY *et al*, 1979, p.734).

Uma máquina térmica tem parte de sua energia que é dissipada. O nível de eficiência de máquina térmica depende da evolução do ciclo em termos de temperatura. Do ponto de vista real não existe uma máquina térmica que, operando em ciclos, converta integralmente calor em trabalho. Com a evolução da Termodinâmica (CASTRO, 2020):

Até meados do século XIX, acreditava-se ser possível a construção de uma máquina térmica ideal, que seria capaz de transformar toda a energia fornecida em trabalho, obtendo um rendimento total (100%). Para demonstrar que não seria possível, o engenheiro francês Nicolas Carnot (1796-1832) propôs uma máquina térmica teórica que se comportava como uma máquina de rendimento total, estabelecendo um ciclo de rendimento máximo, que mais tarde passou a ser chamado **Ciclo de Carnot**. (CASTRO, 2020)

O cientista francês Sadi Carnot teorizou seu modelo para superar um obstáculo epistemológico do conhecimento científico. Até o presente, sua máquina continua sendo uma abstração improvável de ser concretizada. O Ciclo de Carnot está ilustrado conforme a **Figura 15**.

Figura 15: Ciclo de Carnot



Fonte: CASTRO, L. M., 2020.

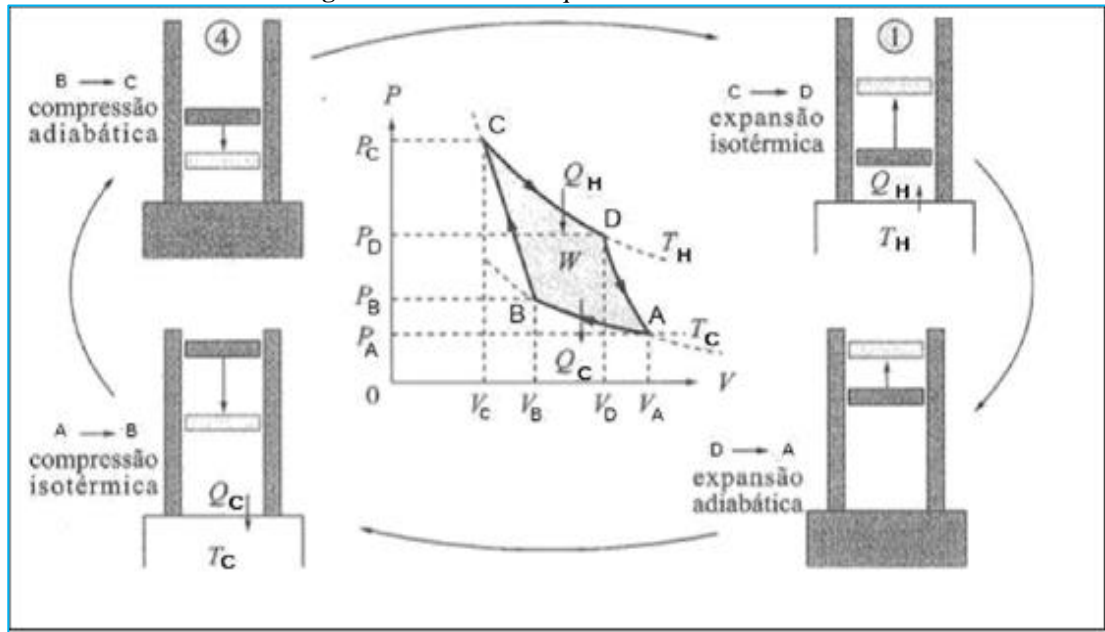
Nesse ciclo, conhecido como Ciclo da Máquina Carnot (CASTRO, 2020) “*Em um ciclo de uma máquina de Carnot a substância de trabalho passa por quatro processos diferentes, onde dois processos são isotérmicos (ab e cd) e os outros dois processos são adiabáticos (bc e da)*”.

E continua o pesquisador:

O sistema absorve uma quantidade de calor Q_2 isotermicamente a uma temperatura T_2 quando vai do estado **a** para o estado **b**. E de maneira equivalente, o sistema rejeita uma quantidade de calor Q_1 isotermicamente a uma temperatura T_1 quando vai do estado **c** para o estado **d**. As transformações entre os estados **b** e **c**, bem como entre os estados **d** e **a** acontecem adiabaticamente, ou seja: sem que ocorra troca de calor com o ambiente. (CASTRO, 2020)

Assim, na máquina de Carnot existem dois processos isotérmicos reversíveis e dois processos adiabáticos reversíveis. A trajetória do ciclo, ou seja, a sequência na qual ele ocorre pode ser aproximada a refrigerador ou bomba de calor invertida, vide **Figura 16**.

Figura 16: Ciclo da Máquina de Carnot



Fonte: VICARI, 2018, p. 16.

A eficiência da máquina de Carnot depende das temperaturas dos reservatórios (McKELVEY *et al*, 1979, p.745; HALLIDAY *et al*, 1993, p.244; MENESES, 2010, p.141; CASTRO, 2020):

$$E = \frac{T_2 - T_1}{T_2} \quad (18)$$

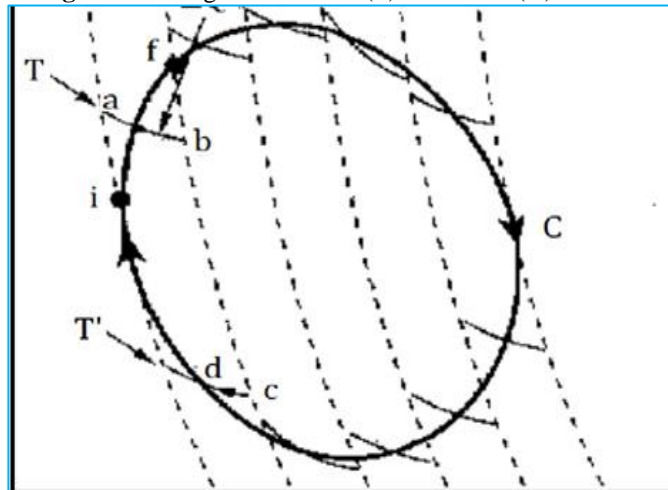
Onde:

T_1 = Temperatura do reservatório 1.

T_2 = Temperatura do reservatório 2.

Qualquer ciclo reversível e arbitrário pode ser levado a uma aproximação de ciclos infinitesimais de Carnot, pois representam curvas de transformação adiabática (tracejadas) de recortes de isotermas que compõem em si o Ciclo de Carnot no qual partes adjacentes se anulam conforme **Figura 17**.

Figura 17: Diagrama Pressão (P) x Volume (V)



Fonte: NUSSENZVEIG, 2014, p.625.

A máquina de Carnot encontra sua impossibilidade devido a dois enunciados (McKELVEY *et al*, 1979, p.745; MENESES, 2010, p.141; CASTRO, 2020):

1º) **Enunciado de Clausius para Termodinâmica:** “*É impossível um sistema operar de modo que o único efeito resultante seja a transferência de energia na forma de calor, de um corpo frio para um corpo quente*”.

2º) **Enunciado de Kevin-Planck para Termodinâmica:** “*É impossível para qualquer sistema operar em um ciclo termodinâmico e fornecer trabalho líquido para sua vizinhança trocando energia na forma de calor com um único reservatório térmico*”.

Observa-se que os dois enunciados são consequências da evolução das Leis anteriores e “as formulações de Kelvin-Planck e Clausius são equivalentes no sentido que a negação de uma implica na negação da outra (ZEMANSKY, 1978 *apud* VICARI, 2018, p. 20).

Ora, dito de outra forma, não existem máquinas térmicas perfeitas e tão pouco refrigeradores perfeitos (HALLIDAY *et al*, 1993, p.242).

Esta 2º Lei da Termodinâmica permite entender as características funcionais de máquinas térmicas reversíveis e irreversíveis de forma precisa possibilita derivações que extrapolam o campo da Física.

O conceito de entropia está relacionado com o nível ou parâmetro de desordem de um sistema S. O comportamento desta grandeza deve se aproximar do nível de energia interna (McKELVEY *et al*, 1979, p.752) bem definido em termos de Pressão (P, Temperatura (T) e

Volume (V). O nível de variação da desordem S entre os estados inicial e final deve ser independente da forma da trajetória realizada e dependendo somente de tais estados.

A energia interna de um sistema não é responsável pelo aumento do grau de desordem pois este pode aumentar enquanto aquele permanece constante (McKELVEY *et al*, 1979, p.752; CASTRO, 2020). A análise da máquina de Carnot fornece a explicação para isso. Quando o sistema realiza um ciclo no qual seus estados são coincidentes, então, a variação de S é nula. Matematicamente:

$$\Delta S = \oint dS = 0 \quad (19)$$

No caso da máquina de Carnot a equação (19) seria uma desigualdade através de uma trajetória fechada.

A integral do fluxo de calor em relação à temperatura (McKELVEY *et al*, 1979, p.745; HALLIDAY *et al*, 1993, p.244; MENESES, 2010, p. 141; CASTRO, 2020). Ao longo das partes adiabáticas, $dQ=0$; ao longo das partes isotérmicas $dU=0$ e, portanto, para um gás ideal numa evolução isotérmica infinitesimal:

$$dQ = dW = PdV = nRT \frac{dV}{V} \quad (20)$$

A integral dQ/T através de trajetória fechada é:

$$\oint \frac{dQ}{T} = \int_A^B \frac{dQ}{T} + \int_B^C \frac{dQ}{T} + \int_C^D \frac{dQ}{T} + \int_D^A \frac{dQ}{T} \quad (21)$$

As integrais dos ramos adiabáticos são nulas, logo:

$$\oint \frac{dQ}{T} = \int_{VA}^{VB} \frac{1}{T_2} nRT_2 \frac{dV}{V} + \int_{VC}^{VD} \frac{1}{T_1} nRT_1 \frac{dV}{V} \quad (22)$$

Como T_1 é constante (isotérmicas), muda esta variável a T. Raciocínio análogo para T_2 . Cancelando a temperatura, chega-se a:

$$\oint \frac{dQ}{T} = nR \int_{VA}^{VB} \frac{dV}{V} + \int_{VC}^{VD} \frac{dV}{V} \quad (23)$$

Logo, chega-se a uma equação a partir da aplicação do logaritmo neperiano:

$$\oint \frac{dQ}{T} = nR [\ln V]_{V_A}^{V_B} + nR [\ln V]_{V_C}^{V_D} \quad (24)$$

Desenvolvendo o logaritmo da equação (24) chega-se a expressão abaixo:

$$\oint \frac{dQ}{T} = nR \left(\ln \frac{V_B}{V_A} + \ln \frac{V_D}{V_C} \right) = nR \left(\ln \frac{V_B}{V_A} - \ln \frac{V_C}{V_D} \right) \quad (25)$$

Como $V_C/V_D = V_B/V_A$, então, a integral é nula. A partir desta constatação, chega-se a diferencial do parâmetro de desordem de um sistema dS com relação a dQ/T :

$$\Delta S = \oint dS = \oint \frac{dQ}{T} = 0 \quad (26)$$

A identidade verificada na equação (26) tem seu ponto fundamental decidido na equação (22) na qual as temperaturas T_1 e T_2 são canceladas nos integrandos.

A quantidade dQ quando é positiva implica em aumento do grau de desordem (calor adicionado ao sistema termodinâmico). Quando dQ é negativo implica em redução do grau de desordem (calor retirado do sistema termodinâmico).

A denominada 3ª Lei da Termodinâmica (também conhecida como *Teorema de Nernst*) relaciona-se com a entropia de um sistema na temperatura de zero absoluto na qual a constante está bem definida (CASTRO, 2020; McKELVEY *et al*, 1979, p.769; SALINAS, 1997)

Isso ocorre porque, na temperatura de zero absoluto, um sistema está em um estado básico e os aumentos de entropia são alcançados pela degeneração desse estado básico.

Como o segundo princípio da termodinâmica, ao qual está intimamente ligado, isso estabelece a impossibilidade de realizar uma determinada classe de fenômenos. Existem várias formulações, uma moderna é a seguinte: “A entropia de um cristal perfeito no zero absoluto é exatamente igual a 0” (McKELVEY *et al*, p.770, 1979).

Assim, a 3ª Lei da Termodinâmica é uma negação da probabilidade de se atingir o zero absoluto posto que é “*impossível* (grifo nosso) reduzir a temperatura de qualquer sistema ao zero absoluto em uma quantidade finita de processos envolvendo o dispêndio de certa quantidade finita de trabalho”.

5.4- Importância da Regulação Térmica nos Seres Vivos

A sensação térmica de quente e frio é uma noção próxima do cotidiano das pessoas. Essa noção advém do perigo de situações na vida de cada um desde mais tenra idade. Aos estudantes do tempo atual, os meios de comunicação em massa propagam tais conceitos amplamente. Desde previsões do tempo, ao aquecimento dos aparelhos elétricos (como a geladeira, chuveiro, ferro elétrico, ar condicionado), a crise energética do atual século e a conservação (refrigeração) e preparo dos alimentos refletem a conexão das noções de temperatura e calor nos seres vivos (SALINAS, 1997)

. A febre humana é uma elevação da temperatura do corpo humano e possui sintomas característicos e conhecidos por quase todas as pessoas.

Dessa forma, conectar a Termodinâmica com a Biologia é uma transversalidade que permite ao professor mostrar a amplitude de aplicação do conhecimento da Ciência Física. Ao mesmo tempo, motiva-se o estudante em busca de novas pontes entre as diversas áreas do conhecimento.

Nesse sentido, experiências lúdicas como o Termoscópio de Galileu tem sua efetividade cada vez mais posta à prova nos ambientes escolares e acadêmicos.

A conexão entre Termodinâmica e Biologia pode ser feita por meio de uma experiência lúdica de baixo custo como o Termoscópio de Galileu. Trabalhos de acadêmicos (PEREIRA *et al*, 2008) define que essa atividade “*aborda conceitos e estudos relacionados à temperatura, transferência de energia e reações corporais à mudança de temperatura*”. Essa abordagem ocorre por meio da observação da variação da temperatura a partir da elevação de líquidos assim como analisar a transferência de energia do corpo para experimentos que funcionem como Termoscópio e motivar o interesse dos alunos pelo estudo da Física.

Os pesquisadores defendem a noção de que essa ponte entre as disciplinas é fundamental para o aprimoramento do ensino de Física no umbral do século XXI acadêmicos (PEREIRA *et al*, 2009). Essa conexão se reveste de justificativa pois:

Os homeotérmicos conseguem manter sua temperatura corporal constante na presença de variações significativas de temperatura ambiente. Essa característica traz vantagens e desvantagens. Os homeotérmicos podem sobreviver em uma ampla variedade de ambientes e podem ficar ativos no inverno. Porém, eles precisam ingerir mais alimento que outros animais, pois para manter sua temperatura necessitam de processos metabólicos que demandam grande quantidade de energia. Já os pecilotérmicos são capazes de sobreviver a longos períodos sem alimento porque precisam de muito menos energia. Os animais homeotérmicos, incluindo os mamíferos e os pássaros, dispõem de mecanismos controladores da temperatura corporal que, para serem entendidos, necessitam de vários conceitos da

termodinâmica. Mecanismos de controle da temperatura corporal, como por exemplo, a regulação sudomotora oferece um excelente problema interdisciplinar para o estudo de vários conceitos da termodinâmica, uma vez que as conexões entre discursos disciplinares podem dar ao aluno a oportunidade não só de aprender um determinado assunto por dois caminhos diferentes, possibilitando uma maior compreensão do que foi ensinado, mas também o capacita a perceber como a ciência se insere em seu cotidiano. Dentro dessa perspectiva, propomos a confecção de experimentos lúdicos que explorem os princípios físicos responsáveis pelo controle da temperatura corporal dos animais homeotérmicos. (PEREIRA *et al.*, 2009)

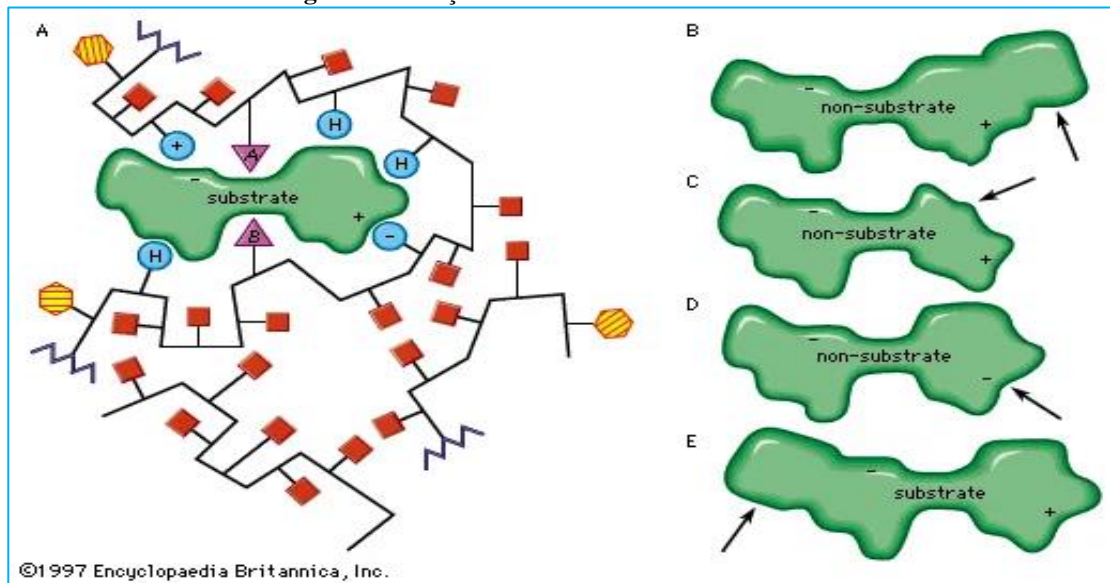
Concretamente, a utilização de material lúdico de baixo custo e de fácil acesso ao professor é um instrumento capaz de gerar externalidades positivas entre o ensino de Física e outras disciplinas no ensino médio. Configura-se, assim, um perfil de ensino baseado na aprendizagem significativa de conceitos físicos motivadores e aplicados tecnologicamente na vida cotidiana do estudante. Paralelamente, corresponde a um perfil de ensino voltado para a compreensão do meio ambiente e dos seres vivos que nele habitam, inclusive o próprio aluno, e que versa sobre cidadania e meio ambiente, dentre outras.

A espécie humana é uma espécie do tipo homeotérmica, ou seja, precisa manter sua temperatura constante para que todas os processos metabólicos funcionem de forma adequadamente e correspondam aos níveis de atuação das enzimas e hormônios (REIF, 1985). A via metabólica corresponde ao caminho bioquímico no qual uma enzima ou hormônio cumpre um papel específico que atenda condições específicas de temperatura, pressão, volumes, acidez (nível de PH) entre outros. Na via metabólica a enzima ou hormônio atua sobre seu sítio específico, ou seja, sobre seu substrato.

Segundo o Dicionário Online de Português (2022) “*Enzima é a designação de cada uma das proteínas geradas ou produzidas pelos seres vivos, sendo catalisadoras das reações químicas fundamentais à manutenção da vida. É substância orgânica solúvel, que provoca ou acelera uma reação*”. Para catalisar uma reação, uma enzima irá de acoplar a uma ou mais moléculas, sob condições físico-químicas específicas inclusive em relação à temperatura do corpo hospedeiro, de reagentes. Essas moléculas reagentes são os **substratos** das enzimas. Assim, a via metabólica enzimática é uma função termométrica nos seres vivos. Alterações na temperatura tendem a provocar desnaturação na enzima.

Substrato enzimático é a molécula sob a qual atuará uma enzima em função da condições físico-químicas específicas para a ativação da reação orgânica.

O sítio ativo de uma enzima é um sulco ou bolsa que se liga a um substrato específico conforme mostra a **Figura 18**.

Figura 18: Função Termométrica da via Enzimática

Fonte: Enciclopédia Britânica, 2022.

A atividade física corresponde a um aumento da temperatura corporal humana, mas o mecanismo de transpiração ou sudorese mantem as condições de homeostasia da temperatura (BRITO, MARINS, 2005; DE CAMARGO, FURLAN, 2011). Essa forma de controle da temperatura via transpiração corresponde ao mais utilizado pelo corpo humano.

A dinâmica de manutenção desta termorregulação do corpo humano constitui o foco dos processos bioquímicos no corpo humano de forma estável ao longo do tempo (ARAUJO, LIRA & DA SILVA, 2019). Esse mecanismo dispõe de estruturas fisiológicas complexas e conectadas que atuam de forma coordenada:

O mecanismo de regulação térmica conta com estruturas específicas que atuam no ganho ou perda de calor (MURRAY, 2007; ALVES *et al.*, 2017). Para manter a temperatura, o sistema de termorregulação está bem-equipado com mecanismos neurológicos e hormonais que regulam tanto as taxas metabólicas quanto a perda de calor em resposta as alterações da temperatura corporal interna (DE MELO-MARINS, 2017; ALVES *et al.*, 2017). A troca de calor não depende apenas do nosso corpo, os fatores ambientais e as trocas de energia são fatores determinantes para que o nosso corpo possa manter uma regulação térmica eficiente (MARINS, 1996; DE SALLES PAINELLI *et al.*, 2017). (ARAUJO, LIRA & DA SILVA, 2019)

Essa coordenação bioquímica do calor e da temperatura no corpo humano obedecem aos princípios consagrados pela literatura acadêmica sobre o tema.

Os mamíferos são seres capazes de gerar metabolicamente calor em seus corpos. Cada espécie apresenta uma dinâmica própria para vias metabólicas de armazenagem, acesso e degradação das moléculas de ATP (Adenosina Trifosfato). Sobre e este e outros processos de termorregulação nos seres vivos (ANGILLETTA Jr, 2009) aponta que:

Organisms use behavioural, physiological, and life-historical strategies to cope with changes in temperature over space and time. These strategies can be represented as thermal reaction norms, which describe relationships between environmental temperature and organismal phenotypes. Although much research has focused on describing variation in thermal reaction norms, far less emphasis has been placed on developing a mathematical theory to understand empirical patterns. Evolutionary theory provides tools for understanding variation in thermal reaction norms among populations and species. Optimality, quantitative genetic, and allelic models generate quantitative predictions about the evolution of thermal reaction norms. These predictions can be tested by experimental evolution and comparative analysis. Throughout the book, these theoretical and empirical approaches are integrated to gain new insights about evolutionary thermal biology. (ANGILLETTA Jr, 2009)

Os organismos utilizam de estratégias de sobrevivência térmica que foram sendo compreendidas ao longo da história da Física e da Biologia. Nesse sentido, o conhecimento das teorias da Termodinâmica possibilitou a compreensão da evolução histórica dos mecanismos fisiológicos que explicam a sobrevivência de espécies ou a extinção de outras diante das variações de temperatura do meio ambiente. Alguns desses mecanismos são processos ou adaptações fisiológicas que sustentaram a vida ao longo tempo neste planeta (CHAVES, 2001). Outras são evoluções propiciadas pela carga genética de uma espécie. Deve-se salientar que que a evolução de uma espécie nem sempre significa uma vantagem adaptativa frente ao ambiente, mas o contrário. Aponta-se o metabolismo do ATP nos mamíferos como uma evolução metabólica favorável à espécie.

As moléculas de ATP são proteínas com pontes de ligação que representam a maior escala de transportadores primários com sequências homólogas presentes em todos os organismos existentes, coordenando a hidrólise de ATP em domínios de ligação de nucleotídeos (*NBDs*) com o transporte de substratos através de membranas biológicas através de domínios transmembranares para a ativação do sítio de enzimas e hormônios no corpo humano (SRIKANT, 2019). Dentro desta perspectiva é possível inferir que a relação entre temperatura, calor e seres vivos constitui um pilar de análise didática no ensino médio brasileiro carente de um aprofundamento mais proeminente, uma vez que, o tratamento dispensado ao tema padece da análise dos aspectos característicos dos seres como metabolismo e função das enzimas.

A conexão entre Termodinâmica e o processo de interação de suas grandezas fundamentais, nos seres vivos, deve levar em consideração um percurso metodológico compatível com o nível e objetivos da educação básica.

6- Percurso Metodológico

Como o presente trabalho busca averiguar uma Aprendizagem Significativa conforme apregoa David Ausubel e Marco Antonio Moreira, buscou-se implementar uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa que pudesse abarcar a diversidade ampla de conhecimento de mundo do conjunto dos estudantes da turma. Para tanto, faz-se necessário dispor de um leque de mecanismos de ensino-aprendizagem que, dentro da sinergia metodologica da UEPS, pudesse captar e ampliar onível de aprendizagem dos estudantes sobre a termodinamica do seres vivos.

O objetivo em conectar o conhecimento físico com o conhecimento biologico é mostrar aos estudantes que a Física não é uma ciência estanque, mas que dialoga em distintos aspectos e de vária formas com outras área do conhecimento humano.

A turma possui 38 estudantes distribuídos 20 pessoas do sexo feminino e 18 pessoas do sexo masculino. Todos possuem idade cronológica inferior a 18 anos. A faixa etária se situa entre 16 e 17 anos. Nenhum estudante está repetindo o ano letivo. Todos os estudantes possuem residência na cidade de Vitória da Conquista, Bahia. A turma não possui nenhum estudante com Atendimento Educacional Especializado (AEE), mas possui um estudante de origem hispânica que não possui o domínio avançado da língua portuguesa. Dessa forma, optou-se por utilizar distintos meios para lograr tal objetivo: textos, mapas conceituais, experimentos de baixo custo, jogos e atividades coletivas e individuais.

A natureza de tal pesquisa é qualitativa, portanto, requer um olhar mais cuidadoso que possa evitar as distorções subjetivas e interferencias que possam ocorrer pela presença do professor. Essa interpretação dos dados obtidos justifica a validade da construção da UEPS no ambiente escolar, pois vislumbra a participação total do estudante ao longo do processo. Busca uma qualidade enquanto indivíduo e não uma quantidade estática e momentânea.

A construção da UEPS atende aos pressuposta da Teoria de Moreira com base em David Ausubel. Tributária de distintas correntes de pensamento pedagógico que se inicia no século XX, a Teoria de Moreira, e suas atualizações posteriores, visa estabelecer um processo orgânico de aprendizagem significativa no qual o estudante empodera-se do conhecimento de uma forma a sedimentá-lo, como um cabedal de conhecimento que possa emergir de forma subsidiária quando assim o necessitar.

Marco Antonio Moreira advoga que os materiais utilizados na construção, assim como as estratégias, devem ser diversificadas de tal forma que os questionamentos possam aflorar em

detrimento às respostas imediatas e repetitivas de natureza mecânica. Nesse aspecto, a convergência entre o professor e os estudantes deve favorecer o diálogo entre todos eles. A realização de uma atividade individual possibilita um melhor calibre da aprendizagem significativa da turma.

Esse diálogo estimula o desenvolvimento da aprendizagem significa assim como propicia o hábito do diálogo entre pares criando uma cultura de respeito pelo cidadão.

No presente trabalho os conceitos oriundos da Teoria da Aprendizagem Significativa, de David Ausubel, e a Teoria Crítica, de Marco Antonio Moreira, foram aplicadas pela construção de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) cujo objetivo é capturar dados e informações de forma processual e dinâmica (Mapas Mentais, atividades, etc.) para subsidiar o nível de aprendizagem dos estudantes.

Como este trabalho tem uma natureza de pesquisa qualitativa realizada junto aos estudantes do 2º Ano do Ensino Médio, turno Matutino, do Colégio Estadual Abdias Menezes (CEAM) os procedimentos utilizados pelos mesmos colocou cumprimento das ações propostas pelo professor e a própria participação deste aporta uma razoável credibilidade acerca dos parâmetros obtidos assim como o modelo construído segundo a UEPS. Então, constitui objetivo descrever a sensibilidade dos estudantes para com as atividades e não quantificar o resultado deste processo.

Os dados e informações aqui obtidos são válidos para a citada turma, pois esta apresenta um conjunto de particularidade que lhe são oriundas de suas circunstâncias individuais. Assim, os valores juízos mostrados neste trabalho, representam uma resposta idiossincrática do conjunto da turma à metodologia de evolução didática da UEPS e, dessa forma, não se pode generalizar os resultados aqui obtidos para quaisquer turmas sob quaisquer condições de organicidade do processo pedagógico.

O conhecimento da estrutura e operacionalização de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), conforme apregoado por Marco Antonio Moreira, parte do princípio de que esta sequência didática utiliza como substrato primordial a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel e a atualização realizada pelo por Marco Antonio Moreira com sua Teoria Crítica. Conforme assinala a pesquisadora (SANTANA, 2019, p. 45):

As Unidades de Ensino Potencialmente Significativas –UEPS, proposta por Moreira, são sequências didáticas fundamentadas em teorias da aprendizagem, que tem como marco a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel (1968, 2000), em visões clássicas e contemporâneas (Moreira, 2000, 2005, 2006; Moreira e Masini, 1982, 2006; Masini e Moreira, 2008; Valadares e Moreira, 2009); as teorias de educação de Joseph D. Novak (1977) e de D.B. Gowin (1981); a teoria interacionista

social de Lev Vygotsky (1987); a teoria dos campos conceituais de Gérard Vergnaud (1990; Moreira, 2004); a teoria dos modelos mentais de Philip Johnson-Laird (1983) e a teoria da aprendizagem significativa crítica de M.A. Moreira (2005). (SANTANA, 2019, p. 45)

Desta forma, a UEPS possui o fito de se organizar de forma organicista, cristalizando e plasmando a aprendizagem dos estudantes de forma significativa. Esse significativo significa, conforme afirma a pesquisadora, na retenção das estruturas cognitivas de lastros de ancoragem de conhecimento sobre determinado ramo científico, nesse caso, a Física.

Por outro lado, observa-se o poder heurístico de uma UEPS. Essa capacidade advém da resiliência teórico-pedagógico que está embutida nas etapas de realização da UEPS e nas teorias base que a sustentam. Como metodologia de ensino-aprendizagem de Física, e de outras áreas do conhecimento humano, a UEPS permite que o binômio ensino-aprendizagem seja dividido entre a UEPS como vetor de ensino no processo contínuo para atingir a aprendizagem significativa.

As patologias pedagógicas também se evidenciam quando da construção da UEPS e esta propicia o processo para sanar àquela no *continuum* de superação esperal Hegeliana.

Esse mecanismo de retroalimentação das dificuldades, dúvidas e limitações encontra na UEPS uma maneira de detecção, de discussão e de aprimoramento. Conforme assinala a pesquisadora (SANTANA, 2019, p. 46):

Segundo Moreira (2011), as UEPS seguem os seguintes princípios:

- o conhecimento prévio é a variável que mais influencia a aprendizagem significativa (Ausubel);
- pensamentos, sentimentos e ações estão integrados no ser que aprende; essa integração é positiva, construtiva, quando a aprendizagem é significativa (Novak);
- é o aluno quem decide se quer aprender significativamente determinado conhecimento (Ausubel; Gowin);
- organizadores prévios mostram a relacionabilidade entre novos conhecimentos e conhecimentos prévios;
- são as situações-problema que dão sentido a novos conhecimentos (Vergnaud); elas devem ser criadas para despertar a intencionalidade do aluno para a aprendizagem significativa;
- situações-problema podem funcionar como organizadores prévios;
- as situações-problema devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade (Vergnaud);
- frente a uma nova situação, o primeiro passo para resolvê-la é construir, na memória de trabalho, um modelo mental funcional, que é um análogo estrutural dessa situação (Johnson-Laird);
- a diferenciação progressiva, a reconciliação integradora e aconsolidação devem ser levadas em conta na organização do ensino (Ausubel);
- a avaliação da aprendizagem significativa deve ser feita em termos de buscas de evidências; a aprendizagem significativa é progressiva;
- o papel do professor é o de provedor de situações-problema, cuidadosamente selecionadas, de organizador do ensino e mediador da captura de significados de parte do aluno (Vergnaud; Gowin);

- a interação social e a linguagem são fundamentais para a captação designificados (Vygotsky; Gowin);
- um episódio de ensino envolve uma relação triádica entre aluno, docente e materiais educativos, cujo objetivo é levar o aluno a captar e compartilhar significados que são aceitos no contexto da matéria de ensino (Gowin);
- essa relação poderá ser quadrática na medida em que o computador não for usado apenas como material educativo;
- a aprendizagem deve ser significativa e crítica, não mecânica (Moreira);
- a aprendizagem significativa crítica é estimulada pela busca de respostas (questionamento) ao invés da memorização de respostas conhecidas, pelo uso da diversidade de materiais e estratégias instrucionais, pelo abandono da narrativa em favor de um ensinocentrado no aluno (Moreira). (SANTANA, p.46, 2019)

Os princípios acima elencados evidenciam a teoria de base declarada na UEPS e se cristlizam na implementação da mesma segundo os seguintes estágios (SANTANA, 2019, p. 47):

- 1.** definir o tópico específico a ser abordado, identificando seus aspectos declarativos e procedimentais tais como aceitos no contexto da matéria de ensino na qual se insere esse tópico;
- 2.** criar/propor situação(ções) – discussão, questionário, mapa conceitual, mapa mental, situação-problema, etc. – que leve(m) o aluno a externalizar seu conhecimento prévio, aceito ou não-aceito no contexto da matéria de ensino, supostamente relevante para a aprendizagem significativa do tópico (objetivo) em pauta;
- 3.** propor situações-problema, em nível bem introdutório, levando em conta o conhecimento prévio do aluno, que preparem o terreno para a introdução do conhecimento (declarativo ou procedimental) que se pretende ensinar; estas situações-problema podem envolver, desde já, o tópico em pauta, mas não para começar a ensiná-lo; tais situações-problema podem funcionar como organizador prévio; são as situações que dão sentido aos novos conhecimentos, mas, para isso, o aluno deve percebê-las como problemas e deve ser capaz de modelá-las mentalmente; modelos mentais são funcionais para o aprendiz e resultam da percepção e de conhecimentos prévios (invariantes operatórios); estas situações-problema iniciais podem ser propostas através de simulações computacionais, demonstrações, vídeos, problemas do cotidiano, representações veiculadas pela mídia, problemas clássicos da matéria de ensino, etc., mas sempre de modo acessível e problemático, i.e., não como exercício de aplicação rotineira de algum algoritmo;
- 4.** uma vez trabalhadas as situações iniciais, apresentar o conhecimento a ser ensinado/aprendido, levando em conta a diferenciação progressiva, i.e., começando com aspectos mais gerais, inclusivos, dando uma visão inicial do todo, do que é mais importante na unidade de ensino, mas logo exemplificando, abordando aspectos específicos; a estratégia de ensino pode ser, por exemplo, uma breve exposição oral seguida de atividade colaborativa em pequenos grupos que, por sua vez, deve ser seguida de atividade de apresentação ou discussão em grande grupo;
- 5.** em continuidade, retomar os aspectos mais gerais, estruturantes (i.e., aquilo que efetivamente se pretende ensinar), do conteúdo da unidade de ensino, em nova apresentação (que pode ser através de outra breve exposição oral, de um recurso computacional, de um texto, etc.), porém em nível mais alto de complexidade em relação à primeira apresentação; as situações-problema devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade; dar novos exemplos, destacar semelhanças e diferenças relativamente às situações e exemplos já trabalhados, ou seja, promover a reconciliação integradora; após esta segunda apresentação, propor alguma outra atividade colaborativa que leve os alunos a interagir socialmente, negociando significados, tendo o professor como mediador; esta atividade pode ser a resolução de problemas, a construção de um mapa conceitual ou um diagrama V, um experimento

de laboratório, um pequeno projeto, etc., mas deve, necessariamente, envolver negociação de significados e mediação docente;

6. concluindo a unidade, dar seguimento ao processo de diferenciação progressiva retomando as características mais relevantes do conteúdo em questão, porém de uma perspectiva integradora, ou seja, buscando a reconciliação integrativa; isso deve ser feito através de nova apresentação dos significados que pode ser, outra vez, uma breve exposição oral, a leitura de um texto, o uso de um recurso computacional, um audiovisual, etc.; o importante não é a estratégia, em si, mas o modo de trabalhar o conteúdo da unidade; após esta terceira apresentação, novas situações-problema devem ser propostas e trabalhadas em níveis mais altos de complexidade em relação às situações anteriores; essas situações devem ser resolvidas em atividades colaborativas e depois apresentadas e/ou discutidas em grande grupo, sempre com a mediação do docente;

7. a avaliação da aprendizagem através da UEPS deve ser feita ao longo de sua implementação, registrando tudo que possa ser considerado evidência de aprendizagem significativa do conteúdo trabalhado; além disso, deve haver uma avaliação somativa individual após o sexto passo, na qual deverão ser propostas questões/situações que impliquem compreensão, que evidenciem captação de significados e, idealmente, alguma capacidade de transferência; tais questões/situações deverão ser previamente validadas por professores experientes na matéria de ensino; a avaliação do desempenho do aluno na UEPS deverá estar baseada, em pé de igualdade, tanto na avaliação formativa (situações, tarefas resolvidas colaborativamente, registros do professor) como na avaliação somativa;

8. a UEPS somente será considerada exitosa se a avaliação do desempenho dos alunos fornecer evidências de aprendizagem significativa (captação de significados, compreensão, capacidade de explicar, de aplicar o conhecimento para resolver situações-problema). A aprendizagem significativa é progressiva, o domínio de um campo conceitual é progressivo; por isso, a ênfase em evidências, não em comportamentos finais. (SANTANA, 2019, p. 47)

Pela observação e análise dos princípios e etapas acima citados pela pesquisadora sobre a UEPS, percebe-se que existem mais princípios norteadores do que etapas de operacionalização.

Tal constatação justifica o poder heurístico de uma UEPS, pois uma maior quantidade de princípios permite ao pesquisador identificar e categorizar as respostas dos estudantes no espectro desses mesmos princípios. Essa identificação subsidia o processo pedagógico do professor permitindo-lhe realizar as adequações que julgar necessárias para lograr seu objetivo.

Observa-se, também, que os materiais de ensino devem ser diversificados assim como as estratégias para motivar os estudantes a indagar sobre o tema em trabalho assim como para propiciar a construção de respostas considerando um ambiente de diálogo e respeito com os pares. Tal comportamento crítico favorece o desenvolvimento educacional nas atividades que propiciam aos estudantes levantarem suas próprias questões e problemas em relação ao conteúdo de forma colaborativa e também individual.

Uma construção dinâmica e plástica da aprendizagem significa extrapolar os ambientes acadêmicos tradicionais e chega a espaços outrora não usuais como Academias Militares e Empresas. O foco na aprendizagem significativa e no seu emaranho de possibilidades de

construção do conhecimento e da aprendizagem podem ser ilimitados.

Para exemplificar esse fato os Mapas mentais são elementos com grande capacidade de de visualização das relações de causa-consequência no conhecimento dos estudantes. Apesar de David Ausubel não ter elaborado sua teoria levando em consideração os Mapas Mentais, Moreira foi quem os propôs como instrumento pedagógico para levar a cabo o entendimento da aprendizagem do estudante, aprendizagem esta significativa conforme concretiza no visual tais mapas mentais, pois mostram relações entre conceitos.

A exposição da construção de Mapas Mentais, com suas linhas e formas com indicação de relação de implicância ou causa-efeito, está presente em outra parte do presente trabalho.

Conforme assinala o próprio Moreira (MOREIRA *apud* SANTANA, 2019, p. 49):

[...] Não há regras gerais fixas para o traçado de mapas de conceitos. O importante é que o mapa seja um instrumento capaz de evidenciar significados atribuídos a conceitos e relações entre conceitos no contexto de um corpo de conhecimentos, de uma disciplina, de uma matéria de ensino. Por exemplo, se o indivíduo que faz um mapa, seja ele, digamos, professor ou aluno, une dois conceitos, através de uma linha, ele deve ser capaz de explicar o significado da relação que vê entre esses conceitos. Moreira (MOREIRA *apud* SANTANA, 2019, p. 49)

Os mapas mentais representam, portanto, o conhecimento do indivíduo acerca de um tema e como o mesmo percebe as causalidades intrínsecas e extrínsecas. Dessa forma, a pessoa que constrói um mapa deve explicá-lo para que fique compreendida todas as relações do tema segundo aquele indivíduo sendo, assim, fundamental instrumento para detectar evidências de aprendizagem significativa, e para avaliações.

Sendo uma construção individual e própria os Mapas Mentais são instrumentos idiossincráticos, pois carregam consigo a trajetória de aprendizagem do indivíduo sobre o tema, logo, não existe a condição de Mapa Mental correto ou errado. Estes Mapas Mentais são evidências de aprendizagem.

Diante deste fato, torna-se mister supor que, face aos distintos níveis de aprendizagem dos estudantes, existam distintos níveis de interação e complexidade dos Mapas Mentais. A este fenômeno classificou-se como Relativismo Conceitual (MOREIRA, 2006). Assim, os Mapas mentais apresentam vantagem e desvantagem durante a construção de uma UEPS.

Entre estas destacam-se (SANTANA, 2019, p. 50) as seguintes fases:

1. enfatizam a estrutura conceitual de uma disciplina e o papel dos sistemas conceituais em seu desenvolvimento;
2. mostram que os conceitos de certa disciplina diferem quanto ao grau de inclusividade e generalidade e apresentam conceitos em uma ordem hierárquica de inclusividade que facilita sua aprendizagem e retenção;

3. proporcionam uma visão integrada do assunto e uma espécie de “listagem conceitual” daquilo que foi abordado nos materiais instrucionais.

As possíveis desvantagens que podem ser encontradas são:

1. se o mapa não tem significado para os alunos, eles podem encará-lo como algo a mais a ser memorizado;
2. os mapas podem ser muito complexos ou confusos e dificultar a aprendizagem e retenção, em vez de facilitá-las;
3. a habilidade dos alunos em construir as próprias hierarquias conceituais pode ficar inibida em função de já receberem prontas estruturas propostas pelo professor (segundo sua percepção e preferência). (SANTANA, 2019, p. 50)

Portanto, por ser um material potencialmente facilitador da aprendizagem, o mapa conceitual pode ser inserido no contexto educacional desde que o professor explique aos alunos suas finalidades e objetivos para que eles possam criar seus próprios mapas conceituais através da compreensão e da criatividade.

Esse conjunto de fatores quando adequadamente orientados e conduzidos possui probabilidade de lograr êxito na aprendizagem significativa de Física na educação.

7- INTERVENÇÃO EM SALA DE AULA

A construção da Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) permitiu a aplicação da sequência didática sobre Termodinâmica com clara relação com o cotidiano dos estudantes. Tal relação busca não só conectar o ensino de Física com o mundo que o cerca, mas desmistificar a Física enquanto Ciência dissociada do mundo real.

Essa estratégia visa, justamente, evitar os reducionismos históricos no ensino desta disciplina com a construção social da Física, a memorização de fórmulas, o mecanicismo e a descontextualização levando o estudante a uma aprendizagem significativa. O tipo de AS consolida um conhecimento que o estudante leva consigo ao longo da vida e lhe permite compreender aspectos da vida social e natural.

7.1- Contexto da Pesquisa e Descrição da turma

A implementação da Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) foi realizada de nas aulas de Física no período de Abril a Julho de 2022. A turma escolhida para a aplicação da UEPS foi uma turma do 2º Ano, turno Matutino, do Colégio Estadual Abdias Menezes (CEAM). A UEE possui a estrutura de salas de aula, auditório, laboratório, quadra poliesportiva, etc., conforme visto em outra parte deste trabalho. Igualmente, o perfil da turma se insere no contexto geral da escola.

Especificamente, a turma respondeu a um Questionário Socioeconômico para configurar o perfil da turma pesquisada (ver **Apêndice A**). A turma é composta por 38 alunos onde 18 correspondem ao sexo masculino e 20 alunos do sexo feminino. Dentre os estudantes do sexo masculino há um aluno hispanoparlante.

A maioria da turma mora com os pais e são por estes providos financeiramente. Todos os estudantes vivem no perímetro urbano. Utilizam o transporte coletivo, bicicleta ou deslocam-se a pé até a escola.

O nível de escolaridade da maioria dos pais é o Ensino Médio. Os estudantes reconhecem a importância de um ensino de qualidade pautado na escola, mas elencam a área de Matemática e Ciências da Natureza como a que apresenta maior dificuldade de aprendizagem e compreensão.

Com relação às expectativas profissionais e acadêmicas no futuro, a maioria da turma demonstra pretensões em realizar uma carreira universitária.

Sob a indagação acerca das aulas de Física, mostram receio do instrumental matemático da mesma principalmente diante do contexto educacional pandêmico. Nesse aspecto, a pandemia do COVID-19 apenas acentuou as dificuldades pedagógicas dos estudantes da escola pública frente ao contexto de aprendizagem de Física e Matemática.

Mais ainda, evidencia assimetrias e incongruências presentes neste mesmo ensino desde as séries iniciais de tal forma que tende a confinar o estudante no espaço mental de não compreender a Matemática e, conseqüentemente, a Física e Química.

7.2- Preparação para a aplicação da UEPS

A primeira intervenção (02 aulas) com os estudantes foi dividida em três momentos.

O primeiro momento com a turma foi apresentado a sequência didática a ser trabalhada com eles. Igualmente, foi visto os objetivos, estrutura e metodologia da mesma.

O segundo momento correspondeu para a explicação do Termo de Livre Consentimento e Participação aos estudantes na sequência didática. Foram destacado que a aplicação da sequência tinha a supervisão dos professores orientadores do MNPEF assim como o conhecimento e consentimento da Direção da Escola.

O terceiro momento serviu para responder ao Questionário Sociocultural (ver **Apêndice A**) para assim determinar o perfil do coletivo da turma.

Os estudantes já possuíam conhecimentos sobre a finalidade e metodologia de construção de Mapas Conceituais ou Mentais posto que tal recurso foi amplamente utilizado pelas diversas disciplinas escolares no ano civil anterior que consagra o *Continnum* ano letivo 2020-2021.

Durante o processo os estudantes foram motivados para uma discussão sobre como ocorre a elaboração de Mapas Conceituais para se fazer um resgate dos conhecimentos dos mesmos sobre a técnica.

7.3 Aspectos Sequenciais da UEPS

Uma UEPS tem por objetivo construir uma sequência didática potencialmente facilitadora para AS de algum conteúdo de Física ou de outra disciplina. Essa sequência didática tem seus princípios elencados por diversos teóricos (MOREIRA, 2011; CASTRO, 2020).

Dessa forma, a sequência didática construída nesta intervenção em ambiente escolar busca otimizar a aquisição de uma AS nos moldes da natureza definida para esse tipo de aprendizagem por seu teórico basilar (NOVAK, 2010).

A segunda intervenção (02 aulas) foi destinada para o levantamento de Subsúncos, ou seja, o conhecimento prévio que o coletivo de estudantes dispõe acerca do conteúdo a ser trabalhado.

Esse dado é de fundamental importância pois permite ao professor/pesquisador ancorar (ou engastar) o conteúdo a ser trabalho de tal forma que tal ancoragem ocorra com o máximo de autoeficácia e autoeficácia possível pelo estudante.

Para tanto, fora utilizado a Aplicação do Questionário de forma colaborativa (**Apêndice B**), uma Discussão das respostas apresentadas com a turma para a socialização e uniformização do conhecimento, a leitura e discussão do texto “A Natureza do Calor” (**Apêndice C**) e a exibição do vídeo “Você se cobriu errado a vida inteira?”.

7.4 Definição do Conteúdo Abordado

Nessa fase foi definido o tópico específico que seria trabalhado com base no planejamento escolar feito durante a Jornada Pedagógica Escolar 2022 e com o levantamento dos subsúncos sobre Temperatura e Calor. Assim, o tema escolhido para a construção da UEPS foi a Termodinâmica e durante a aplicação da proposta houve um tratamento voltado para conectar com aspectos do cotidiano do estudante.

Aspectos como temperatura, calor, fluxo de calor e a construção histórica da Física foram evidenciados nesse momento.

Seguindo esta temática foi possível inserir o conceito de temperatura e termorregulação dos seres vivos como forma de manter atividade metabólica enzimática. Assim, conecta-se a Física com sua aplicação na Biologia no ambiente de contextualidade e transversalidade disciplinar conforme apregoa a novo marco legal do ensino médio. Conceitos físicos que são aplicados em diversas disciplinas são aqui tratados.

Ao estudante que deseja aprofundar em qualquer temática que envolva temperatura, calor e as Leis da Termodinâmica de um sistema encontrará o fermento inicial para seguir uma trajetória cada vez mais evolutiva de estudo.

7.5 Levantamento de Conhecimentos Prévios

Neste passo o objetivo foi criar situações em que os alunos pudessem expor os conhecimentos que possuíam sobre o tema de estudo, chamados pela teoria da aprendizagem significativa de subsunçores. Para essa finalidade foi elaborado um questionário (**Apêndice B**) com situações e problemas que possibilitassem aos estudantes analisar as proposições e premissas do conteúdo.

A metodologia de aplicação do questionário foi individual para que os mesmos pudessem externalizar seus conhecimentos prévios sobre o conteúdo envolvido na sequência de ensino. Essa investigação permitiu levantar o nível de conhecimento individual e agregado da turma fato este fundamental para lograr êxito na aprendizagem significativa envolvida na sequência didática.

Em seguida, os estudantes espontaneamente socializaram suas respostas e discutiram as mesmas entre si. Esse ponto aqui propiciou uma rica análise das respostas, pois muitos estudantes defendiam suas respostas com veemência. Essa sinergia em defesa da análise e resposta de cada um provocou debate com diversos exemplos do cotidiano para sustentar os argumentos de cada estudante.

Diversos aspectos do Questionário aplicado anteriormente foram analisados e, em seguida, foi proposto uma atividade com a leitura e discussão do texto “Estratégias de controle de temperatura” da *Khan Academy*. Posteriormente, promoveu-se uma discussão sobre o mesmo. Este texto está disponível gratuitamente em <<https://pt.khanacademy.org/science/biology/principles-of-physiology/metabolism-and-thermoregulation/a/animal-temperature-regulation-strategies>>, o acesso foi feito em 13/06/2022 (**Apêndice D**).

A leitura do texto “Estratégias de controle de temperatura” da *Khan Academy* tem como objetivo mostrar a construção histórica e social da Física assim como mostrar que os problemas constituem o cerne sobre o qual se debruça a Física na busca por compreensão e solução dos mesmos.

A construção de Mapas Mentais ou Conceituais visa detectar aspectos amplos de conhecimento sobre o tema em tela. A turma fora dividida em grupos para a elaboração dos mapas sobre o tema a eles apresentado.

Os estudantes foram estimulados a socializar o Mapa Conceitual. A premissa levantada é de que nenhum mapa está errado e que a construção é coletiva visando o compartilhamento do conhecimento.

A apresentação motiva o estudante no sentido da autoeficácia em sua produção acadêmica e pessoal, além de detectar evidências de AS.

7.5 Situações-problema em Nível Introdutório

Nesta etapa de construção da UEPS se apresenta situações-problema em nível introdutório aos estudantes. Seu objetivo é considerar o conhecimento apresentado pelos mesmos na etapa anterior assim como preparando-os para a etapa que se seguirá.

Para tanto, uma aula expositiva e dialogada com a turma foi realizada. Os estudantes se sentiram surpresos e eufóricos diante das possibilidades das situações-problema apresentadas a eles. De forma espontânea, vários estudantes manifestaram suas possíveis soluções e/ou explicações para a situações propostas naquilo que se chama de discussão aberta.

Ancorando nas proposições e premissas apresentadas pelos estudantes foram discutidos aspectos relacionados com o conteúdo de Termodinâmica visando um despertar da perspectiva e análise científica nos estudantes. Esse despertar, por parte dos estudantes, em relação aos conhecimentos inerentes à Termodinâmica como calórico, calor, temperatura, equilíbrio térmico, energia, etc., é detectado ao longo e depois da leitura assim como nas premissas e suposições apresentadas por eles.

A discussão do texto em sala de aula permitiu verificar que aspectos próprios foram levantados pelos alunos como, por exemplo, a evolução do conceito de calor, a construção das máquinas térmicas, a medida da temperatura do corpo humano ou a relação entre Física e História. Isso serviu de substrato para o conteúdo propriamente dito, em nível introdutório, no caso a Termodinâmica.

Foi proposto a discussão de situações-problema como o que é o calor? Como o calor é diferente da temperatura? Como o calor influencia a vida das pessoas? Por que o calor modifica o comportamento dos seres vivos? Por que as adaptações anatômicas são importantes para a sobrevivências das espécies?

Após esse instante foi feita a exibição do Vídeo “*Você se cobriu errado a vida inteira? Nós testamos!*” da plataforma virtual *Youtuber*® no qual diversos aspectos acerca do calor, corpo humano e meios de propagação do calor foram apresentados pelo *youtuber* através de diversas situações cotidianas e simuladas com base teórica fundamentada. Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=Qw9PiQJSEw0>>. O acesso foi feito em 03/08//2022 no canal Manual do Mundo, vide **Figura 19**.

Figura 19: Vídeo “Você se cobriu errado a vida inteira? Nós testamos!”



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=Qw9PiQJSEw0>, 2022.

O vídeo possui conteúdo aprovado pela plataforma *Enova* do Governo do Estado da Bahia (SEC-BA) e analisa como a ordem e a forma do uso de cobertores influencia na sensação de frio ou não nas pessoas. Os cobertores possuem distintas estampas em sua composição. De forma geral, o senso comum das pessoas depreende que a estampa mostrada no pacote de venda do mesmo corresponde ao lado que deve permanecer voltado para o meio externo durante seu uso. O vídeo verifica, cientificamente, a veracidade desta hipótese.

Nesse processo fundamenta suas premissas no ensino de conceitos físicos e experimentos que possibilita a coleta de dados que possam subsidiar o processo de juízo.

A duração do vídeo é de 17 minutos e 56 segundos. Nesse tempo, o apresentador discute os conceitos de temperatura e calor e suas formas de medição e condução. Também discute como o calor se direciona entre os corpos e suas consequências neles.

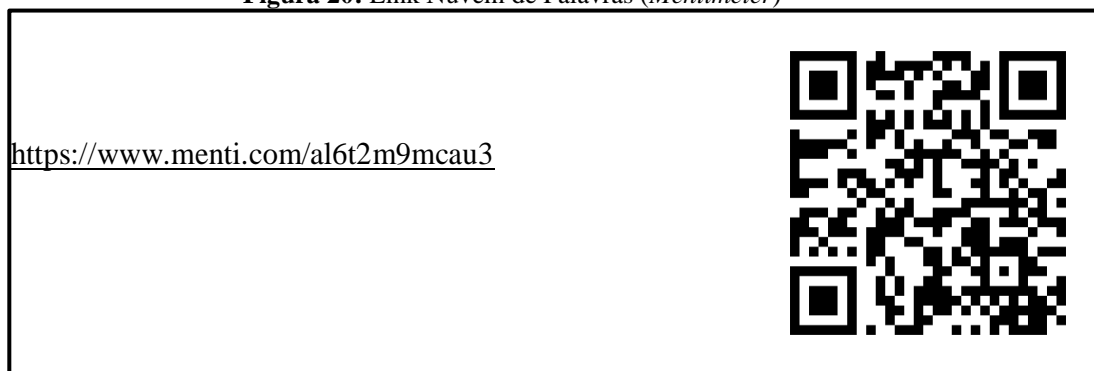
A linguagem fluida e coloquial na administração desses conceitos constitui um instrumento de alcance poderoso junto aos estudantes. Estes passam a reagir diante das colocações do apresentador.

Durante a exibição desse vídeo os estudantes se motivaram para explicar, de forma antecipada ao apresentador, o motivo pelo qual determinado fenômeno térmico ocorria ou não.

A finalização desse momento se deu por meio da construção coletiva de uma nuvem de palavras para captar os conceitos que se tornaram mais evidentes para os alunos até esse momento da instrumentalização e construção da UEPS.

A construção colaborativa e espontânea dos estudantes da nuvem de palavras (*Mentimeter*) possibilitou sedimentar o nível de conceitos mais apreendidos e significativos para eles até esse momento. O *link* de acesso ao instrumento fora disponibilizado por 2 dias na direção e *QC Code* mostrada na **Figura 20**. Foram feitas 36 manifestações, uma manifestação por estudante com 6 palavras.

Figura 20: Link Nuvem de Palavras (*Mentimeter*)



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

O que se depreende desta estratégia de situações-problema em nível introdutório é que a arquitetura como são propostas e delineadas desde o planejamento da UEPS é um pilar fundamental. Igualmente, conciliar a construção e instrumentalizar esse planejamento consiste no segundo pilar fundamental posto que propicia a motivação e o interesse do estudante para o conteúdo propriamente dito a ser ensinado e configura a trajetória inicial de êxito da UEPS.

7.7 Apresentação do Conhecimento a Ser Ensinado/Aprendido

Neste estágio foi apresentado o conteúdo a ser ensinado/apreendido por meio de uma aula expostiva e dialogada. Abordou-se os aspectos mais gerais sobre aspectos da Termodinâmica que foram, progressivamente, sendo estes diferenciados, objetivando estudar o conteúdo de forma a expandir a estrutura cognitiva dos estudantes a partir do conhecimento prévio dos mesmos que serviu de ancoragem para este novos conteúdos.

Deve-se ter muito cuidado nesta fase, pois uma errônea interpretação dos subsunçores assim como uma ancoragem sobre ou subestimada compromete, decisivamente, o exito da sequência didática.

Nesta aula, conforme o planejamento escolar, foi discutido o conceito de temperatura, calor e trabalho nos sistemas físicos.

O material utilizado para tanto foram o quadro de aula, slides e *gifts* e discussões propostas pelos próprios alunos e mediadas pelo professor.

A finalidade neste momento é compreender a diferença entre calor (natureza, unidade de medida, sentido de orientação) e temperatura (origem, meios e escala de medida) nos sistemas físicos, assim como entender como o calor, enquanto forma de energia, consegue realizar trabalho (mudanças) nos sistemas físicos, inclusive nos seres vivos.

Esse conteúdo é basilar para o avanço no desenvolvimento da sequencia didática porque permite interdisciplinar o conteúdo com outros aspectos da vida do estudante, principalmente em relação aos seres vivos, com especial atenção no instrumental físico e sua transversalidade com a Biologia.

Em seguida foi realizada uma discussão aberta e espontânea sobre o texto “Estratégias de controle de temperatura” da *Khan Academy*. Foi relatado, através de figuras e *gifs*, em slides, como espécies específicas adotam suas próprias estratégias de controle de temperatura corporal assim como tal controle é fundamental para o bom funcionamento do corpo humano no caso da ocorrência de febre.

Também fora relatado a ideia de refrigeração como técnica de conservação de alimentos e como os animais desenvolvem, inclusive, técnicas comportamentais para lograr tal controle.

Em seguida, os estudantes realizaram a construção de Mapa Conceitual sobre o tema do artigo supracitado. Essa construção permite verificar as conexões e interfaces cognitivas que os estudantes fazem entre o texto do artigo e seu conhecimento acumulado.

Retomou-se a ideia de temperatura e calor dos corpos para sedimentar de forma consistente a justificativa de controle termal nos seres vivos.

A partir das manifestações dos estudantes é possível mapear os conceitos que mais se sedimentaram cognitivamente junto a eles. Esses conceitos, então, podem ser trabalhados em uma maior escala evolutiva de aprendizagem que possibilite vencer os obstáculos para uma aprendizagem significativa de Termodinâmica ao mesmo tempo que possibilita a autoeficácia dos estudantes.

Foi realizado o experimento de baixo custo com material reciclável denominado de Experimento Lúdico de Termodinâmica de Construção Termoscópio de Galileu.

Os objetivos deste experimento foram: mostrar a evolução da Física no conhecimento sobre a Termodinâmica; realizar a interdisciplinaridade entre Física e Biologia; despertar, ainda mais, o interesse pela experimentação laboratorial de baixo custo; demonstrar a influência do calor sobre os corpos e mostrar uma primeira aproximação na construção de escalas de medidas de temperatura dentro da história da Física.

Aos estudantes foi pedido a elaboração de um relatório delineado pelo professor para averiguar a aprendizagem significativa neste âmbito. A atividade desta aula foi realizada de forma colaborativa, pois levou os alunos a interagir socialmente, negociando significados sobre o conteúdo.

Após a realização do experimento os estudantes elaboraram o relatório individual sobre o experimento (esse relatório foi confeccionado na forma de questionário a ser respondido pelos estudantes). Nesse relatório foram propostas análises de relação direta com o experimento e com o conhecimento prévio detectado nas etapas anteriores (**Apêndice E**).

Esta atividade propicia mais uma fonte de análise evolutiva qualitativa da construção e implementação da UEPS seguindo uma perspectiva de aprendizagem significativa.

7.8 Retomar os Aspectos mais Gerais em Nível mais Alto de Complexidade

Esta atividade propicia mais uma fonte de análise evolutiva qualitativa da construção e implementação da UEPS.

Nesta etapa os estudantes realizaram uma atividade colaborativa baseada em um jogo de trilha. As questões que deveriam ser respondidas ao longo da trilha, com um nível de complexidade mais elevado, destacando similaridades, diferenças e relações entre os diversos aspectos do conteúdo trabalhado anteriormente. O objetivo neste jogo, como instrumento de ação pedagógica, é propiciar aos estudantes o meio para uma reconciliação integradora, como propõe a UEPS, na medida em que as relações entre ideias, conceitos, definições e proposições do conteúdo adquiram novos significados na estrutura cognitiva dos estudantes.

Como se trata de uma atividade colaborativa a negociação dos significados ocorre por meio da socialização da turma. Negociando significados os estudantes assumem um papel mais proativo em sua aprendizagem, posto que a função do professor neste processo é de mediá-lo. Assim, o professor acompanhava os grupos, mas não interveria nas respostas dos mesmos.

O jogo consta de questões discursivas sobre o conteúdo trabalhado em um nível de complexidade superior às etapas anteriores. A turma foi dividida em grupos e cada grupo jogava um dado.

O número que aparecia na face superior do dado indicava quantas casas deveria se deslocar. Ao chegar nesta casa havia uma pergunta a ser respondida pelo grupo.

7.9 Concluir a Unidade (Diferenciação Progressiva e Reconciliação Integrativa)

Nesta etapa optou-se por uma aula dialogada para revisar o conteúdo visto nos processos anteriores pondo ênfase nos aspectos mais relevantes.

Esse resgate do conhecimento permite que o estudante, após negociar os conceitos mais significativos para si mesmo, possa sedimentar na estrutura cognitiva de forma sustentável ao longo de sua vida.

Como instrumento para manifestar esse conhecimento os estudantes elaboraram um Mapa Mental sobre o conteúdo. O mapa mental ou conceitual permite ao leitor/professor verificar os conceitos apreendidos pelo estudante e o nível de significância cristalizado sobre os mesmos durante o processo por meio da hierarquização.

O uso de mapas mentais permite extrapolar a linguagem verbal e aplicar a representação conceitual visual de tal forma que os estudantes tenham elementos mais concretos de aprendizagem significativa.

Já que muitos conceitos da Termodinâmica são abstratos, a construção de mapas mentais amplia o espectro de representações dos processos físicos, além de conectar aquilo que outrora era tratado de forma isolada pelos livros didáticos ou mesmo pela prática do professor.

7.10 Avaliação da Aprendizagem através da UEPS

Em uma pesquisa qualitativa deve-se buscar, ao longo de todo processo, evidências de aprendizagem significativa. Estas evidências estão fundamentadas em credibilidade, autenticidade, criticidade e integridade em todas as etapas da UEPS. Para culminar esta intervenção foi proposta a realização de uma atividade individual na forma de Questionário (**Apêndice F**).

As questões do citado instrumento combinaram os descritores da BNCC com modelos de perguntas de amplo leque. O objetivo desta combinação, além de propiciar aos estudantes contato com modelos de questões das mais variadas formas, permitir que o leque de aprendizagem significativa possa ser cristalizado de forma clara.

7.11 Análise do êxito da aplicação da UEPS

Neste trabalho optou-se por uma metodologia qualitativa para se verificar a aprendizagem significativa dos estudantes buscando recursos didáticos que propiciassem a

interação e integração dos estudantes.

A mineração dos dados para verificar o desempenho e evolução dos estudantes ao longo do processo é peça fundamental para lograr esse objetivo. A UEPS está estruturada de tal forma que os estudantes realizam diversas atividades dentro e fora do ambiente do escolar.

Durante o *continuum* ano letivo 2021-22 os estudantes tiveram treinamento e contato com a construção de mapas mentais em diversas disciplinas escolares, inclusive a Física. Assim, não foi necessário realizar este treinamento com os estudantes, mas uma orientação sobre os mesmos para quem assim o requisitava.

Estas atividades (leitura de textos, exibição e discussão de vídeo, atividades em grupo e individuais, construção de mapas mentais, realização de experimentos de baixo custo, análise de situações-problema) buscam estimular os estudantes na interação, integração e participação social. Em seu conjunto, estas atividades geraram proveitosos momentos de análise e discussões que motivaram os estudantes no processo de construção e implementação da UEPS.

Ao longo de todo processo de construção e implementação da UEPS os estudantes entregavam ao professor o material por eles produzidos. Além dos registros documentais, foram feitos registro em fotos e vídeos assim como anotações próprias da percepção do autor deste trabalho acerca da sequência didática e da reatividade dos estudantes frente a aplicação. As aulas ou momentos pedagógicos foram mais atraentes, dinâmicas e interativas, pois combinavam diversos instrumentos pedagógicos para propiciar uma AS (discussões situações-problema, exercícios, exibição de vídeo, realização de experimentos, jogo colaborativo e avaliação).

O conjunto de todos estes elementos utilizados para aferir a aprendizagem dos estudantes em relação aos objetivos de aprendizagem da UEPS é uma condição necessária para o êxito da sequência didática.

7.12 Cronograma de aplicação da UEPS

Para lograr o êxito na implementação da UEPS é preciso modular o tempo de aplicação da mesma em consonância com as etapas propostas para uma metodologia científica desta natureza.

A **Tabela 01** mostra como ocorreu a paginação deste tempo em função da disponibilidade de aulas para a turma e o conteúdo a ser trabalho conforme os objetivos do trabalho.

O tempo das aulas muitas vezes fora extrapolado em função das discussões dos

estudantes sobre aspectos do conteúdo que consideravam relevantes. Nesse aspecto, a motivação para comprovar e atestar cada ponto de vista, seja individual ou em grupo, por parte dos estudantes confirma, *ex ante*, que a proposta de uma UEPS como via metodológica de construção do ensino de Física é viável.

Tabela 01: Cronograma da UEPS

Aulas	Data	Descrição das atividades
01 e 02	20/07/2022	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação e discussão da proposta ➤ Natureza e objetivos da proposta da sequência didática ➤ Aplicação do Termo de Livre Consentimento e Questionário Sócio-Cultural
03 e 06	27/07/2022	<ul style="list-style-type: none"> • Levantamento dos conhecimentos prévios (Subsunçores) ➤ Aplicação do Questionário de forma colaborativa ➤ Discussão das respostas apresentadas com a turma ➤ Leitura e discussão do texto “Estratégias de controle de temperatura” da <i>Khan Academy</i> ➤ Construção de Mapas Conceituais em grupos (G)
05 e 06	03/08/2022	<ul style="list-style-type: none"> • Situações-problema em nível introdutório • Aula expositiva e dialogada com a turma • Exibição do Vídeo “Você se cobriu errado a vida inteira? Nós testamos!” • Construção de Nuvem de Palavras (<i>Mentimeter</i>)
07 e 08	10/08/2022	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Apresentação do Conhecimento a Ser Ensinado/Aprendido ➤ Aula expositiva e dialogada com a turma ➤ Realização, análise e discussão do Experimento Lúdico de Termodinâmica: <i>Construção Termoscópio de Galileu</i> ➤ Elaboração de relatório individual do experimento
09 e 10	17/08/2022	<ul style="list-style-type: none"> • Retomar os Aspectos Gerais em Nível mais Alto de Complexidade ➤ Interação e discussão no jogo colaborativo de trilha “A Termodinâmica e os Seres Vivos” ➤ Produção de respostas ao jogo colaborativo.
11 e 12	24/08/2022	<ul style="list-style-type: none"> • Concluir a Unidade (Diferenciação Progressiva e Reconciliação Integrativa) ➤ Revisão dos conteúdos anteriormente abordados ➤ Construção, em grupo (G), de um Mapa Conceitual sobre “Termodinâmica”
13 e 16	31/08/2022	<ul style="list-style-type: none"> • Avaliação da Aprendizagem através da UEPS ➤ Realização da atividade final e individual (Questionário) ➤ Aplicação do Questionário para avaliar a satisfação dos discentes em relação a metodologia utilizada
		<ul style="list-style-type: none"> • Análise do Êxito da aplicação da UEPS ➤ Realizada durante todo o processo de aplicação e de escrita da dissertação

Fonte: O autor, 2022.

8- RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo os resultados serão discutidos e analisados à luz de todas etapas (aulas ou momentos) da construção da UEPS assim como do material produzido pelos estudantes.

8.1- Análise do Questionário de Levantamento de Conhecimentos Prévios

As respostas que provieram dos alunos em relação ao questionário de levantamento dos conhecimentos prévios, ou seja, dos subsunçores de ancoragem para o conhecimento da UEPS, mostrou que o conhecimento dos mesmos estava embasado no senso comum e na cultura de massa dos meios de comunicação e parte em conhecimento científico. A primeira parte pode provir do ambiente familiar e social e a segunda parte dos meios de comunicação e escolar.

A análise dos dados da Atividade 1 utilizou as respostas provenientes dos 34 alunos que compõem a turma do 2º ano do ensino médio na qual foi construída a UEPS ao longo dos meses de Julho, Agosto e Setembro de 2022 durante os momentos de aula geminada de 50 minutos cada.

Para uma primeira aproximação aos subsunçores de ancoragem do conhecimento a ser trabalho na UEPS o desempenho geral da turma detecta a mescla de conhecimento que, por sua natureza (social e escolar), não traduz o conhecimento científico sobre Termodinâmica.

Esse nível de desempenho permite estabelecer sinergia na construção da UEPS e suas distintas etapas. O processo de retroalimentação permite adequar os subsunçores detectados por meio do teste e das discussões com os mecanismos processuais que permitem ancorar o conhecimento de Termodinâmica pretendido para a evolução dos estudantes.

A Atividade 1 foi determinada, para fins de escopo e escala no presente trabalho, uma nota de 0 a 10. Cada questão vale 0,83 pontos, pois são 12 questões no total. Cada questão, assim, possui o mesmo valor e o mesmo peso, não se atribuindo peso distinto a uma questão pelo seu nível de complexidade e exigência, uma vez que, o que se objetiva é estabelecer os subsunçores para a dinâmica de construção da UEPS e não atribuir uma nota nos moldes de uma educação bancária (**Tabela 02**).

Tabela 02: Nível de desempenho percentual da turma Atividade 1

NÍVEL DE DESEMPENHO DA TURMA (ALUNOS)	
Entre 7,5 e 10,0	8,82% (03)
Entre 5 e 7,5 pontos	26,47% (09)
Entre 2,5 e 5,0	44,11% (15)
Entre 0,0 e 2,5	20,58% (07)
Total	100,00%

Fonte: Dados da Pesquisa, 2022.

O nível geral de conhecimento da turma retrata aquilo que se denomina de ausência de letramento e cultura científica. Os motivos são diversos (efeitos psicológicos, falta de alcance da tecnologia, material, meios, cronologia, políticas públicas sanitárias e de renda, etc.), mas pode-se pôr em relevo o período pandêmico no qual a educação remota não conseguiu atingir seu escopo e escala tanto no lado do estudante quanto do lado do professor (o ambiente escolar e seus membros não realizam uma educação remota).

Nesse sentido, uma UEPS é um instrumento poderoso para viabilizar o desempenho e evolução do estudante na consecução dos objetivos sociais de uma educação pública realmente cidadã.

Para refinar a detecção mais pormenorizada dos subsunçores utilizou-se uma classificação das respostas dos estudantes segundo o desempenho em cada questão. Essa mecânica possibilita averiguar o nível de um subsunçor segundo o padrão de complexidade e peso de cada questão.

Como as respostas de cada questão guardam uma relação com o desempenho geral, mas particulariza o subsunçor diretamente permite uma aproximação mais razoável aos padrões mais críticos dos mesmos. A metodologia de classificação da presença positiva, negativa ou ausente de subsunçores está fundamentado em teoria de ensino já consolidada (MOREIRA, 2011; CARDOSO, 2012).

O Questionário que compõe a Atividade 1 é formado por questões objetivas (ou como alguns preferem chamar de Questões Fechadas ou de Marcar) em sua maioria, pois é uma forma de instrumento de diagnóstico presente em distintos momentos da vida escolar do aluno. As questões discursivas foram elaboradas também nesta mesma atividade como forma de apresentar e diagnosticar a capacidade de interpretação textual, gráfica e de exposição do nível de letramento científico.

Além de compor um instrumento de verificação amigável junto ao estudante fornece ao professor um dado menos viesado para que se possa atenuar as distorções ou assimetrias de detecção dos parâmetros pedagógicos que detectam os níveis de subsunçores. Assim, estabeleceu-se três padrões de análise dos dados da Atividade 1:

- a) Subsunçor Procurado Presente (SPP)
- b) Subsunçor Procurado Ausente (SPA)
- c) Subsunçor Procurado Mal Definido (SPMD)

Os dados da Atividade 1 (Questionário) foram agrupados segundo uma metodologia qualitativa. Conforme fora definido no referencial teórico do presente trabalho, esta metodologia apresenta uma capacidade e espectro de análise /aprofundamento das interações pedagógicas dos subsunçores assim como está definido pela literatura atual sobre a prospecção e mineração dos mesmos.

A Atividade 1 possui 12 questões assim distribuídas:

- a) Questões objetivas de opção múltipla: 11 questões
- b) Questões discursivas com conexão com a resposta objetiva: 1 questão
- c) Questões ao nível de ENEM: 3 questões

As perguntas do dito Questionário de verificação de conhecimentos estavam divididas em dois grupos. O primeiro grupo refere-se aos conceitos básicos para o início da aprendizagem de Termodinâmica ao nível médio e o segundo grupo refere-se às habilidades e competências dos alunos para interpretar e aplicar tais conceitos em situações do cotidiano e do seu entorno social, conforme **Figura 21**.

Figura 21: Estrutura da Atividade 1

Atividade 1

Questionário aplicado aos estudantes do 2º Ano, turma B, do Ensino Médio, do turno matutino, do Colégio Estadual Abdias Menezes (CEAM), localizado no município de Vitória da Conquista, estado da Bahia, como parte integrante da pesquisa de Mestrado realizada pelo discente Nelson Novais Júnior, sob orientação dos Professores Dr. Luizdarcy de Matos Castro e Dr. Jorge Anderson Paiva Ramos, ambos do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (MNPEF-UESB), intitulada Construção de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa como instrumento de aprendizagem de Termodinâmica.

Nome Completo: _____

Questionário

01-(CEFET-SP) Calor é:

a) energia em trânsito de um corpo para outro, quando entre eles há diferença de temperatura
 b) medido em graus Celsius
 c) uma forma de energia que não existe nos corpos frios
 d) uma forma de energia que se atribui aos corpos quentes
 e) o mesmo que temperatura

02-(PUCCAMP-SP) Sobre o conceito de calor pode-se afirmar que se trata de uma:

a) medida da temperatura do sistema.
 b) forma de energia em trânsito.
 c) substância fluida.
 d) quantidade relacionada com o atrito.
 e) energia que os corpos possuem.

03-(UFP-RS) Considere as afirmações a seguir:

I. Quando dois corpos estão em equilíbrio térmico, ambos possuem a mesma quantidade de calor.
 II. Quando dois corpos estão em equilíbrio térmico, ambos possuem a mesma temperatura.

III. Calor é transferência de temperatura de um corpo para outro.
 IV. Calor é uma forma de energia em trânsito.

Das afirmações acima, pode-se dizer que:

a) I, II, III e IV são corretas
 b) I, II, III são corretas
 c) I, II e IV são corretas
 d) II e IV são corretas
 e) II e III são corretas

04-(OSEC-SP) O fato de o calor passar de um corpo para outro deve-se a:

a) quantidade de calor existente em cada um.
 b) diferença de temperatura entre eles.
 c) energia cinética total de suas moléculas.
 d) o número de calorías existentes em cada um.
 e) nada do que se afirmou acima é verdadeiro.

05-(AFA-SP) Assinale a alternativa que define corretamente calor.

a) Trata-se de um sinônimo de temperatura em um sistema.
 b) É uma forma de energia contida no sistema.

Fonte: Dados da Pesquisa, 2022.

Dessa forma, o primeiro grupo de perguntas busca estabelecer o nível de conhecimento básico acerca do conhecimento prévio dos estudantes, pois a aprendizagem ocorre segundo os padrões da UEPS, a partir daquilo que já sabemos como na perspectiva educacional dos autores como Postman, Freire e Weingartner (1969). A natureza assertiva desse conhecimento será desdobrada ao longo do desenvolvimento da mesma.

O objetivo do grupo supracitado é captar e internalizar ao mesmo os conceitos socialmente construídos e aceitos pelos alunos sobre o conteúdo evitando aquilo que se denomina aprendizagem por memorização ou mecânica. A interação social dos estudantes é posta em relevo estimulando-o a fazer perguntas e não somente respondê-las a partir de distintos materiais instrucionais. As questões de 1 a 6 compõem esse grupo.

O segundo grupo de perguntas busca auferir o nível de relevância de cada aspecto difuso (difusividade) dos estudantes. Essa atribuição do grau de relevância acerca de aspectos do conteúdo, por sua vez, é uma forma de subjetividade do professor e se dinamiza como filtro lógico da atividade predicativa de cognição dos estudantes. As questões de 6 a 12 compõem esse grupo.

Esses grupos de perguntas não apresentavam uma hierarquização clara e visível na estrutura no Questionário, mas uma estrutura hierarquizada em termos de desdobramentos e evolução das respostas conforme pode ser visto em arquivo anexo. O nível de relevância cognitiva e interpretativa assumia padrões de referência em conformidade com a busca de subsunçores mais sólidos para uma ancoragem do conteúdo a ser trabalhado na UEPS.

Na análise dos dados da Atividade 1 as questões 01, 02, 03, 04 e 05 buscam verificar a ancoragem sobre os conceitos de Temperatura, Calor e Equilíbrio Térmico.

Os resultados apontam para a primeira pergunta que 52,94% dos alunos apresentaram SPP, enquanto que os demais alunos com 47,06% foram classificados como SPMD ou SPA. Esta questão refere-se ao conceito de Calor na Física como pilar básico do entendimento dos demais conceitos da Termodinâmica no encadeamento da evolução científica e da construção da sequência didática modulada pela UEPS.

Uma explicação para o desempenho acima é que durante o período pandêmico a turma estava realizando o *continuum* escolar utilizando como material os Cadernos de Física que, em sua primeira parte, realizavam um aporte dos conceitos fundamentais de cada ramo do ensino de Física.

As questões 02, 03 e 04 inserem o conceito de Temperatura e Equilíbrio Térmico em situações que exigem um nível mais complexo de abstração e cognição dos fenômenos naturais. Esse incremento nas sinergias de tratarmos de conhecimento é denotado pela diminuição do número de acertos.

A questão 02 apresenta uma tendência de acerto compatível com o nível de exigência de conhecimento da mesma principalmente porque mantém ligação com a questão anterior. A diferença entre os níveis de acerto pode ser devido às interpretações linguísticas ou mesmo a fatores não possíveis de detecção pelo instrumento.

A questão 03 é uma questão que engloba um conjunto de afirmações nas quais os alunos devem estabelecer um valor lógico de Verdadeiro ou Falso sobre Calor e Temperatura. Além disso, o conceito de Equilíbrio Térmico fora inserido em duas das sentenças da questão. Isso elevou o nível de abstração e cognição para a mesma o que fica patente pelo limite inferior para detecção do subsunçor necessário na turma. Para esse subgrupo de questões que, de forma geral, apresenta uma média simples de 42,64% de acertos classifica os estudantes como SPMD.

Como as demais questões são tributárias deste conceito os dados mostram a situação cognitiva similar nas questões objetivas da Atividade 1 conforme **Tabela 03**.

Tabela 03: Nível de acertos por questão

Questão	% acertos
01	52,94%
02	44,11%
03	50,00%
04	38,23%
05	38,23%
06	64,70%
07	52,94%
08	38,23%
09	29,41%
10	23,53%
11.1	32,35%
12	17,64%

Fonte: Dados da Pesquisa, 2022.

A questão 03 é uma questão que engloba um conjunto de afirmações nas quais os alunos devem estabelecer um valor lógico de Verdadeiro ou Falso sobre Calor e Temperatura. Além disso, o conceito de Equilíbrio Térmico fora inserido em duas das sentenças da questão. Isso elevou o nível de abstração e cognição para a mesma o que fica patente pelo limite inferior para detecção do subsunçor necessário na turma. Houve SPP em metade da turma enquanto que a outra metade SPMD ou SPA.

A questão 04 e 05 apresentam uma perda de potência de ancoragem dos subsunçores já que existe uma queda geral da turma. Essas questões buscaram detectar o subsunçor acerca do sentido no qual o fluxo de calor se orienta entre os sistemas foi verificado na turma SPMD e SPA.

A questão 6 apresentou um subsunçor definido e claro para aquilo que se solicita do estudante, ou seja, existe uma correlação direta entre calor e temperatura de um corpo. Essa questão apresentou o maior número de acertos na turma com 64,70% sendo classificada como SPP.

Essa questão possui uma estrutura cognitiva para sua correta resposta conforme as competências e habilidades treinadas pelos estudantes no material disponibilizado pela SEC-BA durante o ano letivo anterior. Ela marca um *breakeven point* pois o SPP é esperado na maioria das respostas. Nesse sentido, a turma, em geral, demonstra que existe conhecimento assimilado de etapas escolares anteriores que permite ancorar o conhecimento novo de Termodinâmica durante a construção da UEPS.

A questão 07 volta a conformar o perfil no qual o SPP para metade da turma em relação ao conceito de Equilíbrio Térmico enquanto que metade da turma apresenta SPMD ou SPA, esse comportamento confirma tal perfil posto que o conceito de equilíbrio térmico fora abordado em outra questão anterior.

As questões 08, 09, 10 e 11 descrevem SPA pois o nível de desempenho vai, cada vez mais, atenuando ao longo da Atividade 1. O autor do presente trabalho associa esse fato ao nível e natureza das questões.

Tais questões exigem um nível de leitura e interpretação mais elaborado condizente com um padrão de letramento científico não apresentado pelos estudantes.

Outro fator é a leitura visual conjugada com a leitura escrita em tirinhas que guardam entre si uma maturidade e hábito de leitura cotidiana. Essa rotina de leitura de temas científicos associados à leitura de recursos audiovisuais de distintas matizes, é reduzida na vida do estudante.

A Questão 11 está formada por duas partes: uma objetiva e outra discursiva. A parte objetiva fora denominada 11.1 e a segunda parte de 11.2. Sua função é detectar o nível de maturidade do conhecimento por meio do subsunçor para o tema assim como a capacidade de cognição e domínio na expressão dos padrões cultos da língua portuguesa.

De forma geral, os estudantes da turma não apresentaram, desempenho satisfatório nos domínios das habilidades e competências da resposta correta na questão 11.2. Do total de 34 somente 5 responderam à questão com domínio do conteúdo científico e linguístico adequado, o que equivale 14,70% do universo de estudantes. A **Figura 22** mostra um exemplo de resposta aceitável.

Figura 22: Exemplo de resposta correta

11.2 Na tirinha, existe um elemento físico importante para a sensação térmica de “quente” e “frio”. Que elemento é esse?

O cálculo da sensação térmica, que é a temperatura que realmente sentimos em uma determinada situação, leva em conta dois fatores: velocidade do vento e umidade relativa do ar.

Fonte: Dados da Pesquisa, 2022.

A resposta correta é aquela que apresenta um domínio linguístico em estilo, sintaxe e forma condizente com o conhecimento científico atual. O aluno da atividade acima demonstra tais habilidades e competências exigidas pela norma. Se o padrão de desenvolvimento apresenta elementos estilísticos que denotam não só o conhecimento científico acerca do fato que lhe foi ilustrado, mas, sobretudo, consegue exprimir em seu idioma a ponte de conexão entre o fenômeno natural e a explicação de tal fenômeno à luz da Ciência Física.

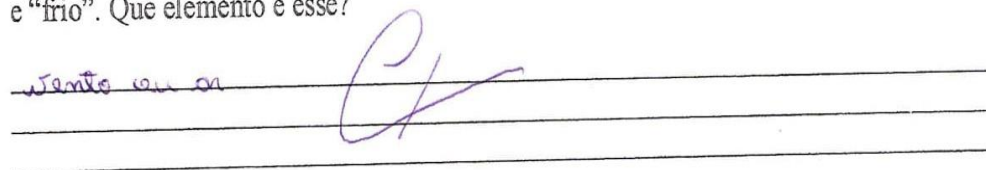
Esse domínio permite atestar a presença do subsunçor para a ancoragem do conteúdo a ser trabalho no processo de construção da UEPS. Desafortunadamente, esse grupo de estudantes é reduzido frente ao universo de alunos da turma (14,70%).

Foi verificado a existência de respostas inacabadas. A resposta inacabada configura-se por meio de palavras-chave que, de fato, configuram o cerne da resposta correta para a pergunta em questão, porém carece de elementos estilísticos e de sintaxe para representar uma ampla e profunda abstração da explicação científica para o fenômeno em tela. As construções linguísticas inacabadas, mas que apresentam conteúdo expresso em termos coerentes para a questão foram detectadas na Atividade 1 conforme mostra a **Figura 23**.

Figura 23: Exemplo de resposta inacabada

11.2 Na tirinha, existe um elemento físico importante para a sensação térmica de “quente” e “frio”. Que elemento é esse?

vento ou ar

The image shows a handwritten response on lined paper. The text 'vento ou ar' is written in purple ink on the first line. To the right of this text, there is a large, circular scribble, also in purple ink, that overlaps the second and third lines of the paper.

Fonte: Dados da Pesquisa, 2022.

A resposta inacabada não indica ausência do subsunçor para ancoragem do conteúdo à primeira vista. Mas revela a insuficiência no manejo do idioma escrito. No escopo deste trabalho as respostas inacabadas com foram tratadas como a presença do subsunçor mal definido.

Foram verificadas a existência de 4 respostas inacabadas o que representa 11,76% do universo de estudantes presentes na atividade. Os alunos, então, que apresentam para a questão discursiva o domínio do idioma escrito e/ou conhecimento científico somam entre si 26,46% de todo o universo analisado.

Esse percentual revela que uma estratégia de desenvolvimento metodológico das aulas de Física deve ser implementada com vistas a oferecer aos estudantes um nível de educação propiciadora do seu desenvolvimento intelectual e pessoal, não correspondendo a uma mera reprodução mecanicista e automatizante do conhecimento físico.

Em outro extremo a maioria dos alunos não respondeu a questão ou respondeu equivocadamente.

Não responder a uma questão mostra que os estudantes não possuem o subsunçor para tal fim, essa patologia pedagógica precisa ser sanada, de forma que, para que a construção de uma UEPS possa ser considerada exitosa. Ademais, não permite detectar o nível de domínio da língua escrita e verificar ou não domínio das habilidades e competências previstas para aquele conjunto de conhecimento. Tal fato pode ser verificado na **Figura 24**.

Figura 24: Exemplo de ausência de resposta

11.2 Na tirinha, existe um elemento físico importante para a sensação térmica de “quente” e “frio”. Que elemento é esse?

?

11.2 Na tirinha, existe um elemento físico importante para a sensação térmica de “quente” e “frio”. Que elemento é esse?

Não sei ?

Fonte: Dados da Pesquisa, 2022.

No universo da turma o número de alunos que não respondeu a questão discursiva foi de 14. Isso corresponde a 41,17% dos estudantes não possuem subsunçor para analisar uma questão contextualizada dentro de um fenômeno que se se supõe trivial e difundido por distintos meios de comunicação em massa.

No agregado, um percentual de 67,6% do universo dos alunos não possui habilidade e competência para responder a uma questão de Física sobre sensação térmica pela ausência (SPA) ou mal definição de um subsunçor (SPMD). Ademais, não se verifica o nível de conhecimento e destreza no idioma materno.

Um grupo de estudantes que corresponde 32,4% do universo da turma respondeu equivocadamente ao comando da questão.

Isso mostra uma interpretação errônea acerca daquilo que se considera uma resposta adequada cientificamente para uma completa interpretação do fenômeno físico. Nesse caso, o subsunçor está mal definido (SPMD) posto que o segmento correspondente a esse grupo de estudantes teve suas respostas baseadas no senso comum ou no costume de seu grupo social. Tal representação pode ser vista na **Figura 25**.

Figura 25: Exemplos de resposta incorreta

11.2 Na tirinha, existe um elemento físico importante para a sensação térmica de “quente” e “frio”. Que elemento é esse?

O elemento que traz o frio e quente na sensação térmica é a capacidade da pele de sentir.

11.2 Na tirinha, existe um elemento físico importante para a sensação térmica de “quente” e “frio”. Que elemento é esse?

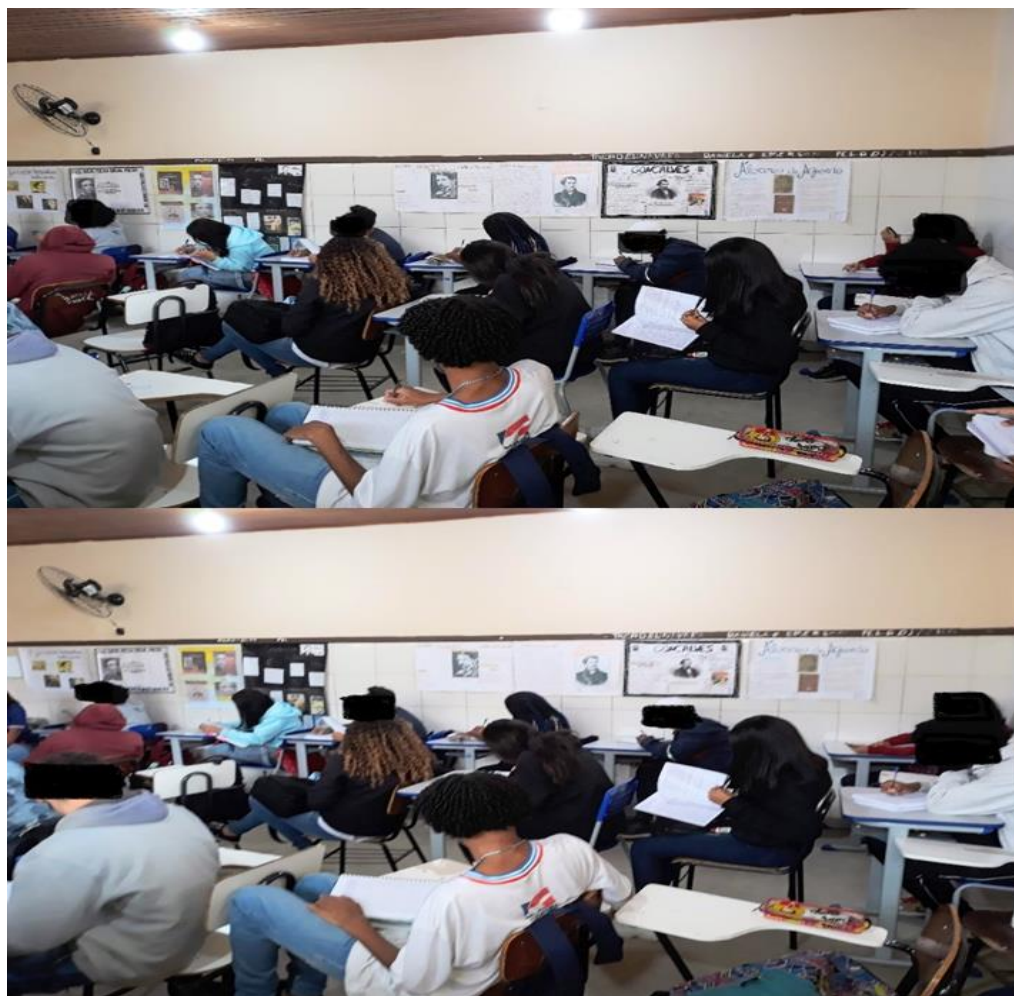
É a umidade do ar

Fonte: Dados da Pesquisa, 2022.

Esse grupo de alunos, apesar de não possuírem as competências e habilidades acadêmicas necessárias para o desenvolvimento de uma resposta que traduza o entendimento do fenômeno físico, estão motivados não deixar a questão sem uma resposta. Mais ainda, estão suficientemente automotivados para trabalhar na construção de mecanismos de entendimento e de ação pedagógicas propostas. A situação na qual o SPMD corresponde a esse fato e que serve ao professor de massa crítica para gerar externalidades positivas em cadeia nos demais componentes da turma ao longo do processo.

Essa situação de efeito em cadeia para as respostas foi discutida em sala de aula com os estudantes. Essa retroalimentação do processo é de fundamental importância para que os estudantes compreendam o sentido da sequência didática assim como para a evolução do processo de construção da UEPS conforme mostra a **Figura 26**.

Figura 26: Discussão da Atividade 1



Fonte: Resultado da Pesquisa, 2022.

Essa etapa é parte fundamental para automotivar os estudantes na persecução da autoeficácia na construção da UEPS ao mesmo tempo que lhes permitem estabelecer os fundamentos da reengenharia de conceitos ou a ideia básica para a dinâmica da sequência didática. O ambiente de sala de aula torna-se, nesse momento, bastante estimulante para discussão básica dos aspectos concernentes ao conteúdo.

A leitura e discussão do texto “*A Natureza do Calor*” permitiu aos alunos perceberem como os conceitos científicos evoluem ao longo da história humana e que, muitas vezes, esses conceitos revelam-se defasados ou errôneos. A Ciência é uma atividade humana. Com essa ideia os alunos propõem os diversos interesses que perpassam a atividade científica e como esta serve aos interesses dos grupos dominantes em cada época.

A etapa seguinte leva os estudantes a situações-problema em nível introdutório com base nos subsunçores perfilados.

8.2- Investigações das respostas das Situações-problema em Nível Introdutório

O vídeo do canal Manual do Mundo, conforme **Figura 27**, do jornalista Iberê Thenório, é uma ferramenta importante para iniciar as atividades de construção da UEPS, pois tais vídeos são comuns na educação. No vídeo são tratadas distintas experiências para mostrar a finalidade de se cobrir com um lado com cobertores e mantas.

Figura 27: Manual do Mundo (*Youtube*)



Fonte: Canal Manual do Mundo, 2022.

O uso de um vídeo realizado por um influenciador digital torna mais aderente e não trivial a relação de ensino-aprendizagem mediada pelo professor propriamente dito. A miríade de recursos utilizados pelo influenciador para explicar os fundamentos da Termofísica também permite ao professor melhorar a eficiência de conteúdo e tempo na construção da UEPS.

Um exemplo disso é a utilização da Câmera Térmica que permite perfilar gradientes de temperatura nos corpos. Esse instrumento revelou-se de forma atrativa para os estudantes, pois faz a junção entre aquilo visto nos filmes e história em quadrinhos sobre ficção científica e a realidade tecnológica do seu tempo conforme **Figura 28**.

Figura 28: Manual do Mundo (Youtube)



Fonte: Canal Manual do Mundo, 2022.

O uso do vídeo é um instrumento que propicia ao aluno a construção do conhecimento e o protagonismo de sua aprendizagem por meio de análise e interpretação, uma vez que, os mesmos demonstraram uma maior atenção e concentração durante a exibição do mesmo do que em outros momentos pedagógicos.

Os estudantes consideraram a atividade relevante, pois o apresentador e o tema utilizam uma linguagem que atinge o jovem aluno ao mesmo tempo que propõe situações que demandariam muito tempo para sua preparação em sala de aula.

Os estudantes relataram que a exibição de tal vídeo propiciou uma nova forma de aprender Física, diferente da forma tradicional e mais atraente. Isso permite, ademais, trabalhar temas transversais e conteúdo de uma nova perspectiva educacional. Os alunos apresentaram maior interesse do que em uma aula teórica sem nenhum recurso audiovisual.

Esse interesse cristalizou-se por meio dos diálogos dos alunos entre si e com o professor com o objetivo de responder às provocações do mesmo sob a forma de perguntas:

1º) Como o calor interfere nos corpos?

2º) Como a temperatura de um corpo pode sofrer variação?

3º) A Termodinâmica é uma parte da Física com aplicações importantes na sociedade?

Os estudantes responderam às questões acima segundo uma síntese entre o conhecimento disponibilizado e sua assimilação pelos mesmos, no entanto um entendimento mais formal dos conceitos requer a presença e o discernimento do professor conforme registro no Diário de Bordo do dia 03/08/2022 referente á resposta da pergunta 1:

[...] Os estudantes, em geral, deduzem que o calor altera propriedades dos sistemas físicos (corpos). A esse conjunto de modificações denomina-se Trabalho, porém a presença do professor nas orientações corretas para que os estudantes alcancem esse conceito constitui “o caminho das pedras” pois os alunos mantêm entendimentos conflitantes sobre os conceitos básicos (DIÁRIO DE BORDO, registro dia 03/08/2022)

Muito tem sido dito acerca do papel do professor nos momentos de orientação e

intervenção no processo de ensino-aprendizagem, mas a capacidade seletiva de orientar os estudantes sob um mesmo denominador comum de estrutura de entendimento é algo que também depende da autoeficácia do educador e senso de percepção pedagógica.

Questionados sobre a temperatura o direcionamento que a temperatura de um corpo estava relacionada com a energia interna de um corpo e reconhecem que isso é uma medida indireta do comportamento das moléculas:

[...] A Temperatura é vista como uma medida da evolução molecular de um corpo. O entendimento se relaciona com o movimento de rotação e translação de moléculas e que este movimento não é percebido a olho nu o que gera um obstáculo epistemológico, mesmo com as demonstrações exemplos relativos à dilatação e transformação dos corpos. (DIÁRIO DE BORDO, registro dia 03/08/2022)

Os alunos reconhecem que o conhecimento Termodinâmico tende a se expandir pois “o calor como energia tem muitas aplicações tecnológicas atualmente”. Os alunos percebem a importância do estudo e aplicação técnica desse ramo da Física como os motores a combustão (carro, moto, aviões e foguetes), ar-condicionado, os fornos, dentre outros.

Os alunos consideram aprender melhor com a exibição de vídeos bem como discutir temas transversais a partir deles. Os alunos esperam outros vídeos em disciplinas que não sejam apenas a de Física.

A percepção da habilidade escrita também fora estimulada pela atividade através da nuvem de palavras conforme **Figura 29**. Cada estudante introduziu 4 palavras como palavras-chave do seu estudo.

Figura 29: Nuvem de Palavras da Turma

O que aprendi de novo sobre Termodinâmica?

Mentimeter



Fonte: Dado da Pesquisa, 2022.

A qualidade da forma com que os estudantes expõem seus conceitos mais proeminentes e mais salientes permite detectar o nível de aprendizagem significativa com um corpo no grupo da sala.

Nesse sentido, a nuvem de palavras é um mapeamento quase que instantâneo dessa percepção dos estudantes, pois é um instrumento que caracteriza o momento no qual foi proposto a atividade. O transcurso do lapso temporal pode configurar a cristalização dos aspectos mais salientes, descaracterizar, no todo ou em partes, os aspectos mais relevantes ou mesmo declinar, total ou parcialmente, tais partes.

A progressiva evolução da UEPS tende a sedimentar tais aspectos nos estudantes. Para verificar tal hipótese, o professor deve se atentar aos aspectos mais precisos das manifestações dos alunos assim como se balizar pelo planejamento das ações de execução para a construção da sequência didática.

Uma primeira aproximação a nuvem de palavras da turma permite detectar que os alunos já estão familiarizados com conceitos antes tratados anteriormente na Atividade 1.

Existe uma expansão no nível de escala dos conceitos de Termodinâmica assim como a transversalidade e interdisciplinaridade. O nível de escopo dos mesmos carece da aprofundada e adequada modulação posto que se inicia a construção da UEPS.

Durante a construção da nuvem de palavras a turma apresentou interesse e comprometimento com a dinâmica apresentada conforme o registro do diário de bordo nessa data.

Os alunos mantiveram-se interessado quando iniciei a dinâmica do uso de meios audiovisuais já conhecidos como vídeo e celular. O uso da Tv e de um vídeo com um influenciador também conhecido dos alunos possibilitou uma evolução na construção da UEPS. Houve discussão sobre os conceitos de calor, temperatura e energia interna e como esses fatores afetam o corpo humano (DIÁRIO DE BORDO, registro dia 03/08/2022)

Nesse sentido, cabe destacar o conceito de Calor, Temperatura e, Trabalho e Transferência de Energia como conceitos basilares. Ademais, os alunos percebem a as Leis da Termodinâmica e de como esses conceitos estão relacionados com a atividade metabólica dos seres vivos, inclusive coma introdução de elementos de disciplinas como a Biologia.

A transversalidade e interdisciplinaridade mostrada pelos alunos denotam a autoeficácia e autoeficência provenientes da motivação dos mesmos pelo protagonismo da aprendizagem a partir de uma nova situação (ou estímulo) pedagógica.

A próxima etapa consiste em refinar esses conceitos, ao mesmo tempo que os amplia e os aprofunda, de forma a solidificar o conteúdo a serem trabalhados na perspectiva educacional

da UEPS. O objetivo desta atividade foi atingido posto que os estudantes manifestaram seu conhecimento acerca de determinados fenômenos térmicos do entorno deles o que configura, segundo Moreira (2011) e Cardoso (2012), aspectos relevantes e basilares da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS).

8.3- Análise da apresentação do Conhecimento a ser Ensino/Aprendido

A aula expositiva permite que o professor direcione o conteúdo tendo em vista os subsunçores delineados pelas Atividades anteriores ao mesmo tempo que mitiga-os de tal forma que possa aprofundar e conectar com etapas futuras.

Esse tipo de ação requer um planejamento pedagógico anterior e uma capacidade de análise das etapas iniciais como forma de retroalimentar a ação pedagógica para sua atividade fim. Durante a exposição da aula é importante que o professor esteja atento às manifestações dos alunos através de perguntas e/ou comentário de tal forma a captar elementos que possam subsidiar a evolução da construção da UEPS.

A aula expositiva pelo professor utilizou o dispositivo visual para exibir o conteúdo a ser trabalhado. Esse conteúdo foi apresentado sob a forma de slides na TV disponível em sala de aula conforme **Figura 30**.

Figura 30: Aula Expositiva e Dialogada com a Turma



Fonte: Dado da Pesquisa, 2022.

Em seguida, foi proposto a leitura do artigo da *Khan Academy* denominado “Estratégias de controle da temperatura” (APÊNDICE D). O objetivo do artigo é propiciar uma leitura compatível com o nível do conteúdo e da turma e que apresente elementos propiciadores para construção de uma UEPS de êxito na seara da Física Térmica. Paralelamente, agrega elementos contextuais conforme a normativa educacional vigente.

A discussão do artigo evidenciou a importância do conteúdo de Termodinâmica em distintos aspectos da vida do aluno. Os estudantes mostraram que tais fenômenos mantêm estreita relação com os seres vivos e que as experiências demonstradas no vídeo anterior reproduzem, muitas vezes, tais fenômenos. Nesse momento, a relação entre calor e temperatura, assim como seus efeitos, passaram a ter uma nova dimensão junto aos alunos.

Os alunos foram divididos em grupo e discutiram sobre o conteúdo abordado no artigo. A discussão fora mediada pelo professor conforme **Figura 31**.

Figura 31: Discussão em grupos



Fonte: Dado da Pesquisa, 2022.

A percepção que o professor deve possuir para detectar que a turma, em geral, mudou seu entendimento e concepção dos conceitos basilares do conteúdo é uma condição necessária para seguir em frente na construção da UEPS. Em caso negativo, o professor deve insistir nessa etapa e/ou propor uma atividade subsidiária.

A realização, análise e discussão do experimento lúdico de Termodinâmica “Construção do Termoscópio de Galileu” busca evidenciar a mecânica social e histórica da Física assim como consolidar os conceitos para expandi-los em uma dimensão mais ampla. O termo lúdico refere-se aos materiais reciclados e de fácil aquisição por parte dos alunos professor.

A realização de um experimento construído com materiais alternativos ou recicláveis permite auxiliar o professor em ambiente escolar no processo de análise do conteúdo de Física.

O experimento consta de uma maquete que constitui de um recipiente plástico transparente preenchido com álcool no qual está dissolvido um corante comestível. A este recipiente é aderida uma régua de plástico para definir uma graduação aleatória.

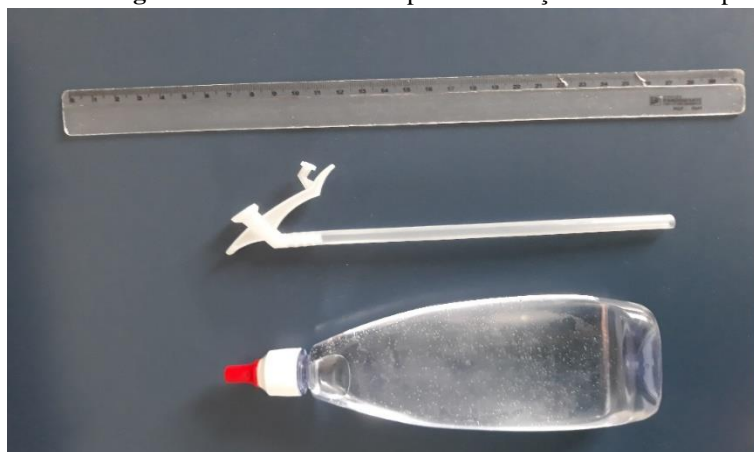
Uma cânula de plástico é introduzida no interior do recipiente contendo álcool. Essa cânula permite que a coluna de álcool colorido possa se movimentar livremente sob pressão atmosférica.

Por fim, este conjunto de materiais é posto no interior de recipiente contendo água fervente. O conjunto tende, ao passar do tempo por Equilíbrio Térmico, adquirir a uma temperatura comum superior à temperatura inicial. Essa mudança na temperatura do conjunto álcool+corante+recipiente faz com que a coluna de álcool colorida se movimente livremente ao longo da cânula.

Isso ilustra os efeitos do calor sobre os fluidos nos corpos em geral e como ocorre a medição de temperatura desses corpos por meio de um dispositivo.

Para a elaboração dessa atividade a escola precisa dispor de um laboratório ou espaço similar. Os materiais necessários para a elaboração do experimento são vistos na **Figura 32** e descritos abaixo:

Figura 32: Material básico para construção do Termoscópio



Fonte: Dado da Pesquisa, 2022.

*Materiais a serem utilizados:

- a) 100 ml de álcool (**ATENÇÃO!** PRODUTO INFLAMÁVEL)
- b) 90 g de corante comestível de cor preta ou azul
- c) Recipiente transparente com capacidade de 100 ml
- d) Recipiente com capacidade de 300 ml e diâmetro capaz de introduzir o recipiente da letra “C”
- e) 200 ml de água com temperatura de 100°C (**ATENÇÃO!** PERIGO!!!)
- f) Cânula de plástico transparente
- g) Régua de plástico de 30 cm

**** Procedimento:**

- a) Dissolva parte do corante no álcool.
- b) Introduza o álcool colorido no recipiente com volume de 100 ml até atingir 90% do volume total.
- c) Introduza a cânula até a parte inferior do recipiente de 100 ml.
- d) Faça uma ponte de aderência (com cola *Tekbond*, por exemplo) entre a régua e a parte anterior do recipiente contendo álcool.
- e) Aqueça 200 ml de água até uma temperatura próxima de 100°C e coloque essa água aquecida no recipiente de 300 ml. O forno de micro-ondas possui uma função capaz de ajustar uma temperatura próxima de 100°C na função fervura de água. O tempo depende da potência de cada aparelho, mas é automatizado. Coloque, com cuidado, o recipiente contendo álcool colorido no recipiente contendo água aquecida.
- f) Introduza o recipiente com álcool colorido no recipiente com água aquecida por 5 minutos.
- g) Observe o comportamento ao longo da coluna de álcool colorido.

O professor deve solicitar que os estudantes observem a coluna de álcool colorido antes e depois da introdução no recipiente com água fervente. A posição da régua transparente aderida verticalmente à cânula de plástico oferece uma graduação em termos de comprimento da coluna de álcool colorido.

A visualização desse experimento de baixo custo pelos alunos permite mostrar como a variação de temperatura afeta os corpos em geral, mas, especificamente, permite analisar como Galileu Galilei, em seu tempo, construiu o primeiro dispositivo para mensurar a temperatura e como os corpos com distintas temperaturas se relacionam entre si. Paralelamente, desmistifica

a Física enquanto Ciência inacessível e realizada, de forma abnegada, por cientista em seus laboratórios solitariamente. Um arquétipo desse instrumento é visto na **Figura 33**.

Figura 33: Termoscópio de baixo custo



Fonte: Dado da Pesquisa, 2022.

O interesse e o comprometimento são retratados pelo registro de Diário de Bordo do dia 10/08/2022:

Percebi os alunos motivados e interessados pela atividade experimental de baixo custo a ser realizada no laboratório da escola. Eles discutiram, questionaram, propuseram hipóteses próprias a partir da observação do material e debateram. Em seguida, ficaram observando a dinâmica do experimento e correlacionaram os resultados com as atividades anteriores. O entendimento dos conceitos físicos da Termodinâmica tornou-se sedimentado para eles, motivando-os para a continuidade dos estudos (DIÁRIO DE BORDO, registro dia 10/08/2022)

Essa motivação dos estudantes a partir dos resultados da experimentação de baixo custo sobre o Termoscópio de Galileu constitui como mais um elemento impulsionador da aprendizagem na construção da UEPS.

Um ponto crucial nesse momento para o professor na construção da UEPS é determinar, efetivamente, que os estudantes, em sua maioria, ancoraram as noções propostas pelo experimento com o trabalho desenvolvido nas etapas anteriores.

Para tanto, solicitou-se aos estudantes que elaborassem um relatório da experimentação. Esse relatório (APÊNDICE E) foi a base para inferir considerações sobre o nível de evolução durante até esta etapa de construção, desenvolvimento e execução da UEPS.

8.4- Resultados da atividade experimental

Para a realização de verificação dos resultados da atividade experimental foi elaborado a composição individual de um relatório. Esse relatório (**APÊNDICE E**) permite captar no estudante os sinais que possam identificar a evolução positiva de sua aprendizagem significativa. Dessa forma, as evidências de aprendizagem significativa advêm das respostas e comentários dos mesmos sobre o experimento realizado no laboratório da escola.

A realização do experimento significou para a turma momento de expectativa posto que seria um momento distinto da aula convencional. A turma foi dividida em grupos (6 grupos) para fins de construção e visualização do experimento, porém o relatório foi elaborado por cada estudante individualmente.

Para análise das respostas dos relatórios foram destacados alguns estudantes de tal forma que esta seção não ficasse muito extensa. Assim, levou-se em consideração as respostas que demonstravam necessidade de discussão.

Após a turma ser dividida em grupos, o professor apresentou o material a ser utilizado para a experimentação. Os estudantes fizeram suas anotações pertinentes e o professor fez a observação de que este experimento não deveria ser repetido em outro lugar, pois apresentava risco de acidentes pessoais.

A inexistência de um assistente de laboratório consome certo tempo do professor na elaboração do experimento propriamente dito. O experimento montado é visto na **Figura 34**.

Figura 34: Termoscópio de baixo custo



Fonte: Dados da Pesquisa, 2022.

O momento seguinte é permitir que os estudantes possam visualizar o deslocamento da coluna de álcool colorido. O estudante que assim o quisesse poderia se deslocar até o experimento para medir com suas próprias mãos a mudança na coluna de álcool colorido. Os demais que não quisessem poderiam observar tal fato a distância. Isso foi feito conforme mostra a **Figura 35 e 36**.

Figura 35: Medida da variação na coluna do Termoscópio



Fonte: Dados da Pesquisa, 2022.

Na próxima etapa os estudantes realizaram a composição do relatório sobre esta atividade experimental (**APÊNDICE E**). O objetivo deste relatório é captar evidências de aprendizagem significativa na escala defendida pela TAS.

Figura 36: Elaboração do relatório sobre experimento do Termoscópio



Fonte: Dados da Pesquisa, 2022.

A execução da atividade e a execução das respostas dos estudantes no relatório constituem mais uma etapa na verificação e desenvolvimento da aprendizagem significativa no âmbito da UEPS.

8.5- Medida da Temperatura

O estudante E05 demonstra que o experimento busca se relacionar com a medida da temperatura de um corpo, conforme **Figura 37**.

Figura 37: Resposta do aluno E05

6- Quais aspectos você considera importante no experimento?

importante saber a diferença de velocidade em
estas as moléculas do líquido dependendo da
temperatura que tem.

Fonte: Dado da Pesquisa, 2022.

Esse estudante consegue relacionar a ideia de temperatura com velocidade de elevação da coluna do líquido. Essa ponte cognitiva ocorre por causa de uma sedimentação consistente do conteúdo pois a sinergia entre os dois conceitos exige, como condição necessária, seu entendimento e representações de subcategorias dos mesmos.

Outro estudante E22 mostra uma ideia similar a esta, mas se expressa de forma a medir um efeito. A medição do efeito pressupõe o conhecimento sobre sua causa, orientação e efeitos. Modular esse efeito significa que existe uma tecnologia para tal fim, mesmo sendo limitada ou distorcida.

Figura 38: Resposta do aluno E22

6- Quais aspectos você considera importante no experimento?

permite visualizar a física física sobre
a álcool e a corrente ao mesmo tempo
que procura medir esse efeito.

Fonte: Dado da Pesquisa, 2022.

Já o estudante E31 elabora uma resposta que compreende que a ciência Física pode ser construída por meio de experimentos simples sem a necessidade de laboratórios avançados de alta tecnologia, conforme mostra a **Figura 39**.

Figura 39: Resposta do aluno E05

6- Quais aspectos você considera importante no experimento?

É um experimento que mostrou como medir a temperatura de um corpo por meio de material reciclável.

Fonte: Dado da Pesquisa, 2022.

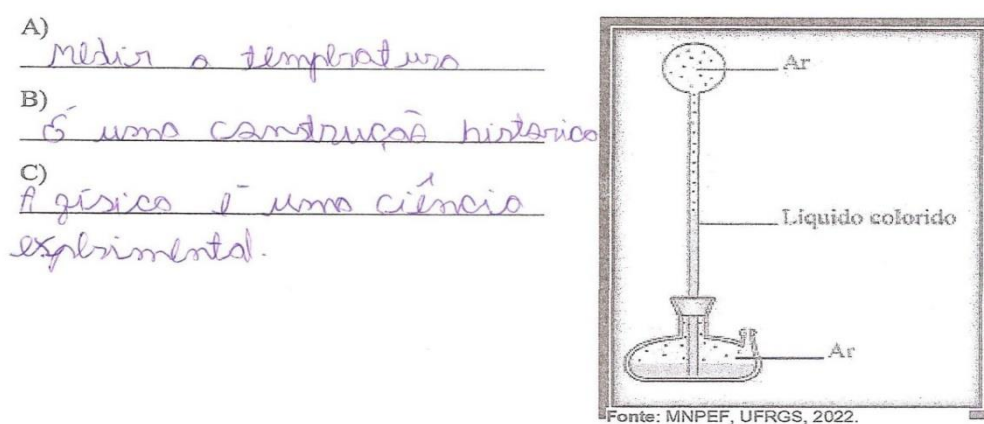
Além disso o citado estudante compreende o conceito de temperatura e que esta grandeza pode ser medida por meio de um instrumento feito com material reciclável.

Nos demais relatórios existem respostas de padrão similar aos dos estudantes acima mencionados. Isso mostra uma evidencia de aprendizagem significativa sólida acerca da relação entre temperatura, construção social da ciência e viabilidade científica da aprendizagem e da descoberta.

8.6- Efeitos do Calor

Para verificação dos efeitos do calor e da compreensão desse conceito é preciso verificar seus efeitos. Assim, o estudante E10 (**Figura 40**) mostra que a experiência permite medir a temperatura (esta como efeito do fluxo de calor entre corpos), a Física como uma atividade social e histórica assim como sua natureza experimental ao longo do tempo.

Figura 40: Resposta do aluno E10

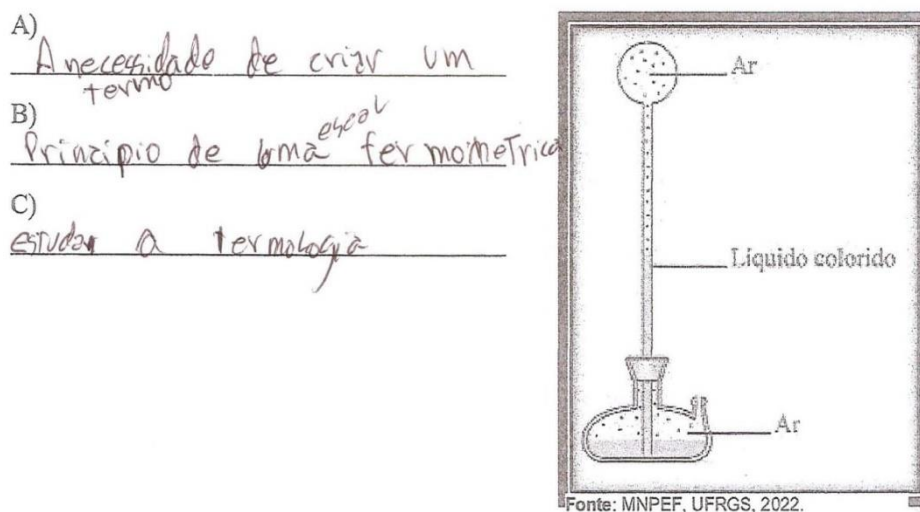


Fonte: Dado da Pesquisa, 2022.

A capacidade de síntese do estudante E10 mostra que esse recurso foi aprimorado ao longo da execução da UEPS da mesma forma que seus conceitos sobre temperatura e como esta é afetada pelo fluxo de calor.

Já o estudante E13 mostra que a experiência de Galileu visava construir um termômetro por necessidade do seu tempo assim como estabelece os princípios das escalas termométricas além de ampliar o horizonte de estudo da Termofísica, conforme demonstra a **Figura 41**.

Figura 41: Resposta do aluno E13



Fonte: dado da Pesquisa, 2022.

Nos demais relatórios existem respostas de padrão similar aos dos estudantes acima mencionados. Isso mostra que os estudantes possuíam conceitos subsunçores em sua estrutura cognitiva que foram sofrendo um processo de mutação por meio de um filtro na aprendizagem significativa, tornando-os mais abrangentes e precisos. Tal fato fica patente por meio do domínio e expressão textual sobre os mesmos: temperatura, causas de mudança na temperatura, Física como ciência social e histórica, etc.

Nessa mesma atividade foi feita uma pesquisa de satisfação dos alunos com o desenvolvimento da UEPS até àquele momento. Um percentual de 79,41% (27 alunos) considerou as atividades **Bom/Ótimo** e 20,58% (07 alunos) consideraram as atividades **Regulares**. Nenhum estudante considerou as atividades como ruins. Destacaram, de forma geral, que as atividades propiciaram uma aula diferente do habitual e que possibilitou a participação positiva dos alunos através de perguntas e comentários. A atividade experimental possibilita um maior interesse dos estudantes foi um comentário preponderante entre os alunos.

8.7- Efeito do Calor nos Seres Vivos

Nesta etapa buscou-se utilizar um jogo cooperativo de trilha que pode ser facilmente construído para o conteúdo em questão. O material necessário é:

- a) Dados que podem ser adquiridos em lojas de brinquedos e similares ou construído pelo próprio professor com papelão nas dimensões de aresta de 17 cm e revestido de EVA de cores distintas em cada face conforme **Figura 42**.
- b) Impressão da trilha em formato A4.
- c) Impressão das perguntas em formato A1.

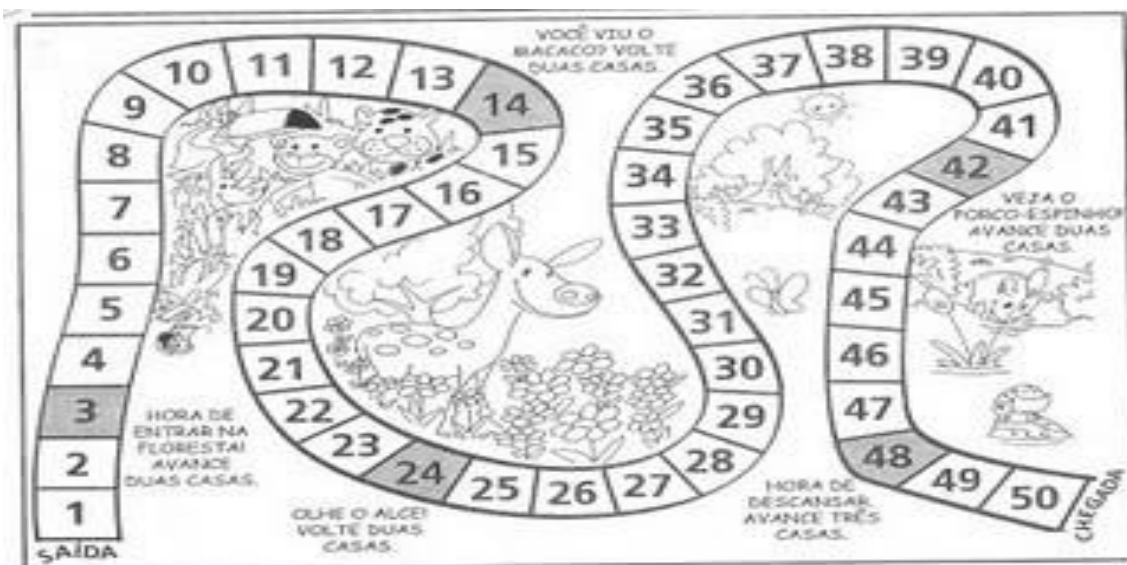
Figura 42: Modelo de dado disponível no mercado (esquerda) e fabricado (direita)



Fonte: Dado da Pesquisa, 2022.

A operacionalização do jogo começa com a sala dividida em grupos. Cada grupo lança seu dado e, de acordo com o número da face do dado, responde a uma questão do bloco de perguntas. Finaliza o jogo o grupo que chegar até o final da trilha. A **Figura 43** mostra o exemplo de trilha usado.

Figura 43: Jogo de Trilha



Fonte: < <https://br.pinterest.com/pin/587790188885111261/> >. Acesso em 23/08/2022.

No caso que o professor não disponha de aulas geminadas para realizar o jogo pode reduzir o tamanho da trilha à metade.

As perguntas para o jogo são elaboradas em nível e profundidade pelo professor segundo o processo mais alto de complexidade conforme ilustra a **Tabela 04**.

Tabela 04: Jogo de Trilha

<u>TABELA DE QUESTÕES JOGO DE TRILHA</u>	
*O Bloco refere-se ao número de face do lançamento do dado do qual o grupo deverá responder, ordinariamente, às perguntas propostas.	
Questões Bloco 1:	<ul style="list-style-type: none"> a) Diferencie calor de temperatura. b) Defina Calor de um corpo. c) Qual a importância do estudo da Termodinâmica? d) Qual o entendimento sobre o conceito de Equilíbrio Térmico? e) Historicamente como foi percebida a natureza do calor?
Questões Bloco 2:	<ul style="list-style-type: none"> a) O que diz a Teoria Cinética da Matéria (TCM)? b) O calor é medido em qual unidade no Sistema Internacional (SI)? c) Como se mede a temperatura de um corpo? d) O que são fontes térmicas? e) Qual a importância de se identificar as fontes térmicas?
Questões Bloco 3	<ul style="list-style-type: none"> a) Qual o papel de Antoine de Lawrence Lavoisier no desenvolvimento da Termodinâmica? b) Por que em certos seres vivos a temperatura não pode variar demasiadamente? c) Como ocorre os processos de propagação do calor? d) A Termodinâmica é uma ciência completa? e) Como o calor afeta os sistemas físicos?
Questões Bloco 4	<ul style="list-style-type: none"> a) Qual a relação entre temperatura e vasodilatação? b) Os motores à combustão têm seu funcionamento baseado na Termodinâmica. Essa tecnologia tende a evoluir? c) Qual a importância do estudo da Termodinâmica? d) Os seres vivos desenvolveram, ao longo do tempo, formas de controlar a temperatura do corpo? Comente essa afirmação. e) Por que a febre é perigosa para o corpo humano?
Questões Bloco 5	<ul style="list-style-type: none"> a) Por que a natureza do calor não foi determinada completamente? b) Como os Gregos viam o Calor? c) O Sol é uma fonte de Calor? Comente sua resposta. d) É possível que em um futuro distante todo o universo atinja o Equilíbrio Térmico? e) Qual o entendimento sobre o Zero Absoluto na temperatura?
Questões Bloco 6	<ul style="list-style-type: none"> a) Como os Alquimistas viam o Calor? b) Existe Temperatura negativa? c) Todo Calor dissipado é, na verdade, energia não aproveitada? d) Qual o entendimento sobre o conceito de <i>Permata</i> do Calor? e) Defina o Princípio Unidirecional do Calor.

Fonte: Dado da Pesquisa, 2022.

Em caso de que algum grupo tenha esgotado seu rol de perguntas referente a um bloco deve responder às perguntas que ainda restam do bloco imediatamente superior. Em caso de novo esgotamento, deve responder as perguntas restantes de outros blocos à livre escolha.

A questão de um jogo envolve uma suposta competição por quem finaliza primeiro sua trilha e isso motiva e estimula os estudantes na consecução do trabalho conforme mostra a **Figura 44**.

Figura 44: Alunos jogando trilha



Fonte: Dado da Pesquisa, 2022.

Nesse processo a mediação e o papel do professor são fatores que contribuem para o dinamismo e para verificar evidências de aprendizagem significativa. As respostas dos alunos atestam o nível de profundidade e diferenciação progressiva e integradora.

A resposta do Grupo 4, **Figura 45**, mostra claramente o domínio conceitual científico da Física e sua relação com o cotidiano dos estudantes. Ademais, revela um maior domínio e segurança no trato da expressão escrita no idioma materno.

Figura 45: Resposta do Grupo 4

2- Qual a relação entre temperatura e vasodilatação?
 Vasodilatação é o aumento do diâmetro de calibre de uma artéria, veia ou ducto nos seres vivos por causa do aumento da temperatura.

Fonte: Dado da Pesquisa, 2022.

Existem diversos conceitos oriundos do conhecimento científico nessas respostas como, por exemplo, da Geometria e da Biologia. Os estudantes conseguem perfilar claramente o elo entre causa-efeito no fenômeno sob uma ótica e competência da Física.

O Grupo 2 mostra que conceitos diversos quando afirmam que “*Calor é por definição transferência de energia térmica entre os corpos que possuem temperaturas distintas. O calor não está diretamente relacionado com a temperatura entre diferentes corpos que gera o fluxo de energia térmica (calor)*” conforme mostra extrato na **Figura 46**.

Figura 46: Resposta do Grupo 2

Questões 1: “ Calor é por definição transferência de energia térmica entre corpos que possuem temperaturas distintas. O calor não está diretamente relacionado com a temperatura entre diferentes corpos gera o fluxo de energia térmica (calor). ”

Fonte: Dado da Pesquisa, 2022.

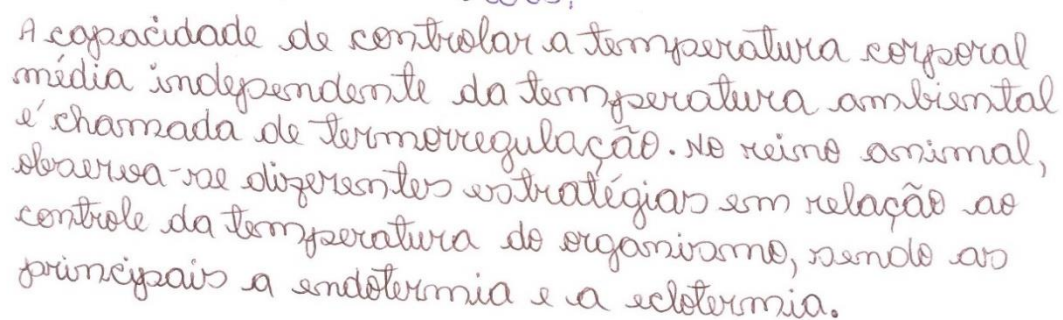
Para essa resposta os estudantes relacionaram os conceitos e demonstraram compreensão do conteúdo, além de entender o enunciado das questões.

Os estudantes assimilaram os conceitos de temperatura, calor e sua forma de orientação entre os corpos, mostrando entendimento dos conceitos ao não relacionarem calor e temperatura diretamente.

Já o Grupo 4 demonstra uma compreensão significativa da relação entre temperatura, calor e seus efeitos nos seres vivos ao expor a resposta elaborada com segurança e presente na **Figura 47**. Isso mostra que os estudantes do Grupo 4

transpuseram conhecimentos em distintos contextos o que mostra uma interação entre os conceitos estudados e os subsunçores.

Figura 47: Resposta do Grupo 4



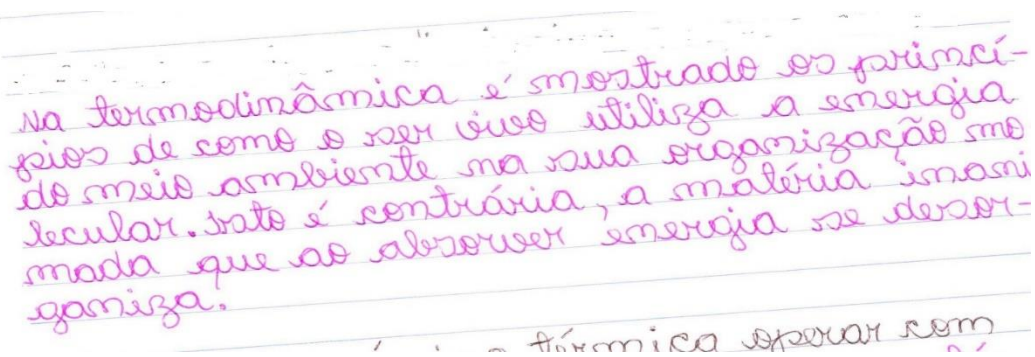
A capacidade de controlar a temperatura corporal média independente da temperatura ambiental é chamada de termoregulação. No reino animal, observa-se diferentes estratégias em relação ao controle da temperatura do organismo, sendo as principais a endotermia e a ectotermia.

Fonte: Dado da Pesquisa, 2022.

A presença dos conceitos relacionados com as “*estratégias em relação ao controle da temperatura*” mostra que o material de ensino está relacionado com a estrutura cognitiva dos estudantes e que os subsunçores diagnosticados no início da execução da UEPS se mostraram corretos para ancoragem dos novos conteúdos.

O Grupo 3 apresenta uma transposição, coordenação e diferenciação de conceitos na Termodinâmica que leva a contextos diferentes dos que foram abordados ao longo da proposta como, por exemplo, o de Entropia, o que permite afirmar que os estudantes aprenderam significativamente os conteúdos de forma hierárquica, diferenciado, reconciliando e integrando os conceitos conforme ilustra a **Figura 48**.

Figura 48: Resposta do Grupo 3



Na termodinâmica é mostrado os princípios de como o ser vivo utiliza a energia do meio ambiente na sua organização molecular. Isto é contrário, a matéria organizada que se observa energia se organiza.

Fonte: Dado da Pesquisa, 2022.

Os elementos presentes nas respostas dos grupos ao jogo cooperativo mostram indícios de aprendizagem significativa promovida pela construção e execução da UEPS

conforme apregoado por Marco Antônio Moreira, o que confirma a potencialidade do material para uma efetiva aprendizagem significativa.

8.8- Mapas Mentais

Os mapas conceituais (MOREIRA, 2006) são diagramas que estabelecem significados entre os conceitos, no qual não busca classificar esses conceitos mais sim relacioná-los e hierarquizá-los. O mapa conceitual foi construído pelos alunos na fase de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa na UEPS e foi solicitado que os estudantes construíssem o mesmo em grupos.

Não houve necessidade de explicação acerca dos mapas mentais posto que os estudantes já vinham trabalhando com esse instrumento desde o ano letivo 2020-2021 tanto em Física como em outras disciplinas. Um exemplo ilustrativo foi colocado pelo professor a fim de resgatar a ideia e a familiaridade.

No dia em que se realizou a construção dos mapas mentais, a turma estava com 24 alunos presentes na sala, totalizando ao final 24 mapas conforme **Figura 49**. Os outros 10 estudantes tiveram a oportunidade de construir os mapas mentais em um tempo pedagógico destinado paralelamente para esse fim em uma aula vaga de outra disciplina.

Figura 49: Construção dos Mapas Mentais

Fonte: Dados da Pesquisa, 2022.

Da análise dos mapas mentais e dos correspondentes textos emergiram 4 categorias iniciais, caracterizando as representações acerca da Termodinâmica.

Cada estudante foi identificado pela letra E seguido de um algarismo indo-arábico. A **Tabela 05** apresenta as categorias emergidas nos mapas mentais e textos explicativos dos estudantes.

Tabela 05: Categorias presentes nos Mapas Mentais

Categoria mencionada	Palavra-chave	Frequência
Conhecimento científico (Física)	Temperatura, Calor, Lei	56
Energia	Energia térmica (interna)	41
Tecnologia	Termômetro, máquinas	62
Biologia e afins	Metabolismo	72

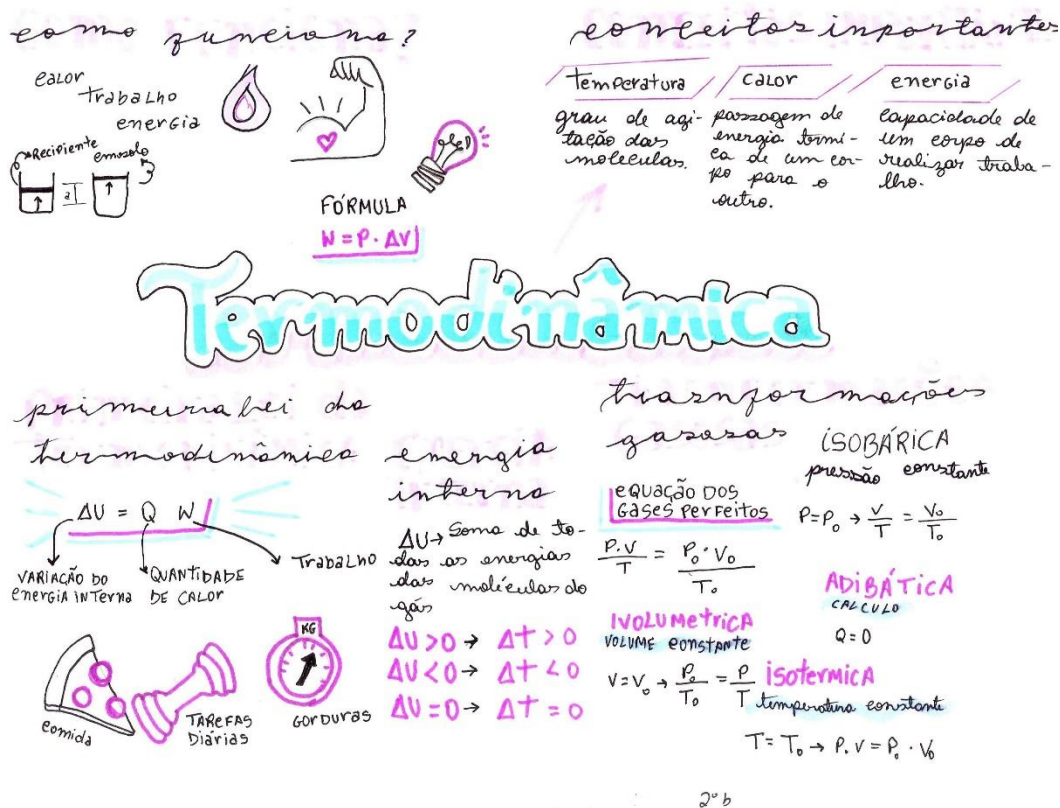
Fonte: Dados da Pesquisa, 2022.

Um mesmo mapa pode conter palavras que se enquadrem em categorias distintas. O conjunto de categorias detectadas provém de um total de 372 palavras presentes nos mapas mentais dos estudantes assim como a presença de termos semelhantes entre si.

A frequência de palavras-chave na **Tabela 05** indica que no universo dos mapas existe uma parcela de saber científico em detrimento do senso comum presente nas respostas da Atividade 1 inicial da construção da UEPS. Ademais, os mapas mentais detectam uma forte correlação entre conhecimento científico e aplicação tecnológica.

Os mapas mentais apresentam elementos reificados da teoria Termodinâmica conforme mostra os mapas feito pelo estudante E15 (**Figura 50**).

Figura 50: Mapas Mental do estudante E15



Fonte: Dado da Pesquisa, 2022.

O estudante E15 explora as representações e relações entre a Termodinâmica e diversos aspectos do cotidiano do mesmo. Ademais, expõe que o conhecimento das Leis da Termodinâmica determina o comportamento físicos dos objetos segundo diversas perspectivas (gases, energia interna, transformações).

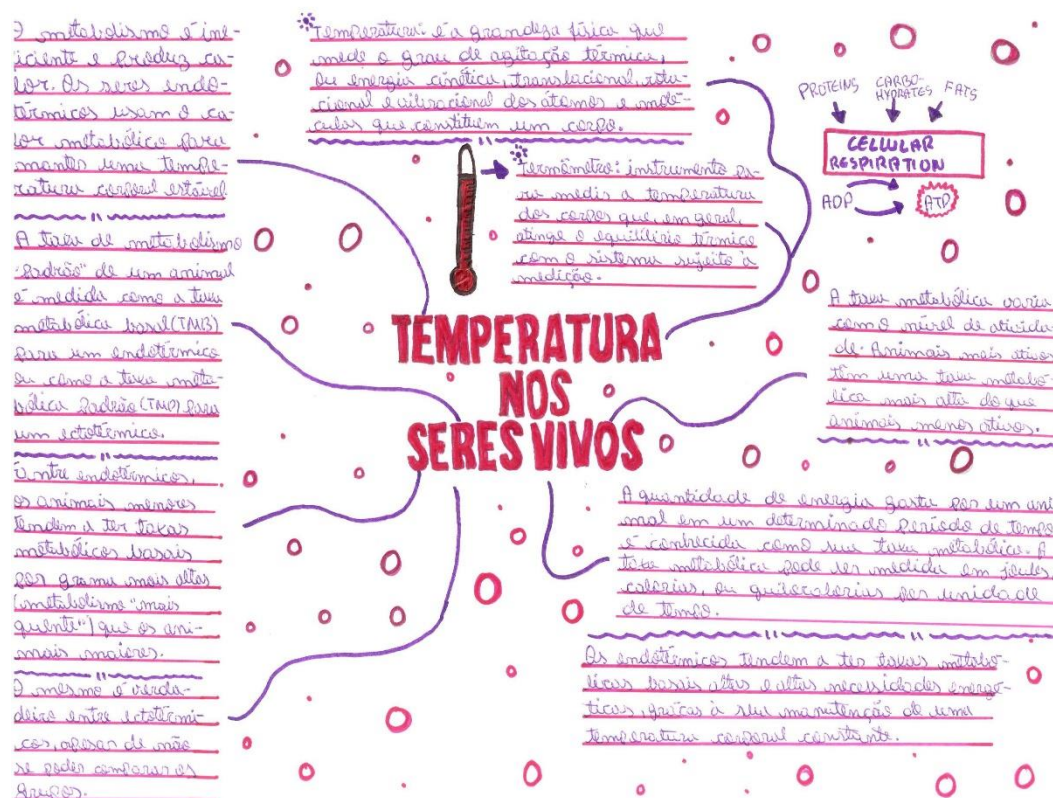
Houve a presença entre as falas dos estudantes de possíveis representações sociais inseridas no universo consensual da turma conforme registro do Diário de Bordo do dia 24/08/2022.

Os alunos mencionam, durante a construção de seus mapas mentais, que o aparelho de ar-condicionado é caro, logo, seria um aparelho destinado às pessoas ricas da sociedade, aos “playboys” porque usar terno com esse calor só com um ar-condicionado. DIÁRIO DE BORDO, registro dia 24/08/2022.

A concepção de que o uso de um aparelho, ou mesmo roupa, determina seu estrato social é uma construção social que se encontra assentada nas especulações e representações da mídia.

No mapa mental do estudante E09 (**Figura 51**), os diferentes elementos evocados pelo aluno têm forte relação com as categorias ligadas à fisiologia dos seres vivos e o calor. O aluno explora o comportamento do calor segundo distintos mecanismos e os relaciona com a Taxa Metabólica Basal e Padrão (TMB e TMP) e a quantidade de calor gerada.

Figura 51: Mapa Mental do estudante E09



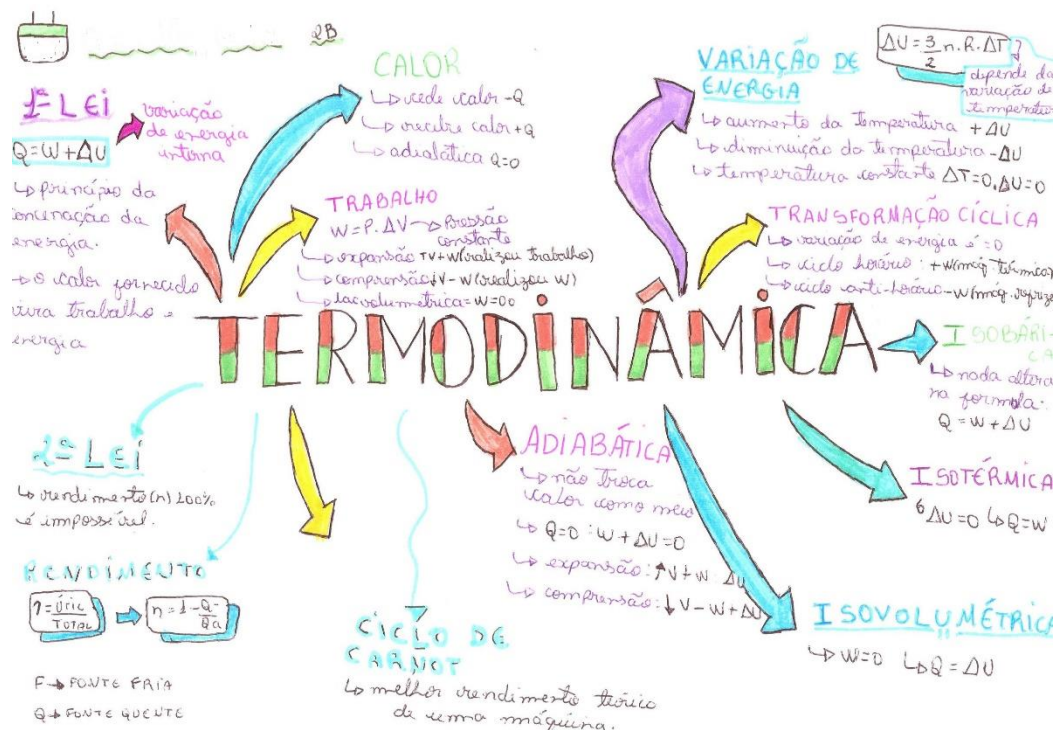
Fonte: Dado da Pesquisa, 2022.

O mapa mental do estudante E09 reafirma a cultura de que o metabolismo dos seres vivos está relacionado com a capacidade para realizar atividade (Trabalho). Isso se insere no cotidiano do estudante por meio das necessidades alimentares para suas atividades corriqueiras: estudo, trabalho, exercícios físicos, etc. O estudante percebe os alimentos como fonte de energia para os seres vivos por meio de uma subcategoria inferida na pesquisa qualitativa de elementos sociocognitivos.

O mapa mental do estudante E26, **Figura 52**, abrange a categoria de conhecimento científico sem exemplificar exemplos ou aplicações tecnológicas. O estudante está demonstrando um conhecimento contabilizado que busca cobrir uma maior área possível.

Ademais, relaciona a 1º Lei da Termodinâmica com o calor e trabalho e mostra que o Ciclo de Carnot tem peça fundamental no seu rendimento.

Figura 52: Mapa Mental do estudante E26



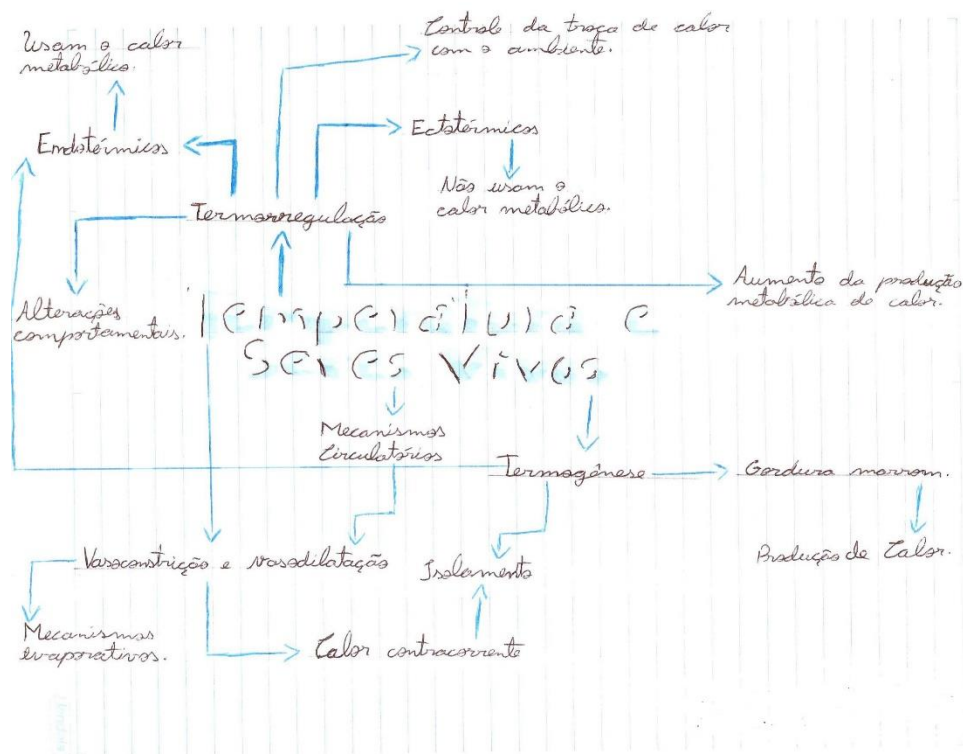
Fonte: Dado da Pesquisa, 2022.

Existem conceitos subordinados mais específicos e menos gerais que o conceito escrito como peça central, como exemplo, o que está relacionado com o calor, Trabalho e a 1º Lei da Termodinâmica. A diferenciação progressiva ocorre por meio dos conceitos que possuem algumas relações. Apresenta uma tentativa de ligar os conceitos para surgir novos em uma reconciliação integradora como, por exemplo, variação de energia com a variação de temperatura.

Esse mapa mental representa uma representação consensual do conhecimento da Termodinâmica.

Já o mapa mental do estudante E29, **Figura 53**, mostra uma categoria de conhecimento na Biologia. Isso ocorre porque o estudante E29 manifesta clara associação entre os conceitos de Física e sua aplicação aos seres vivos.

Figura 53: Mapa Mental do estudante E29



Fonte: Dado da Pesquisa, 2022.

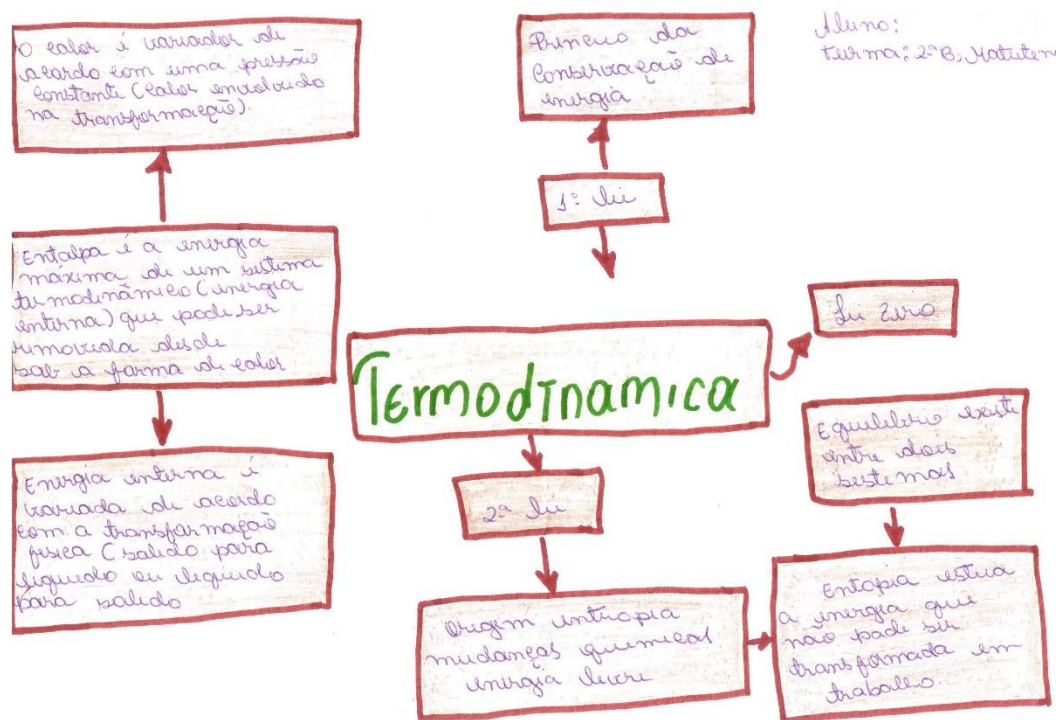
O mapa mental do estudante E29 expõe distintas categorias. Existe clara manifestação do conhecimento científico, da Biologia. Da energia e da aplicação tecnológica (isolamento e mecanismos).

Os conceitos estão subordinados mais específicos e menos gerais, porém não há como determinar como é a hierarquia entre eles por não haver palavras de ligação e nem uma sequência determinada. Apresenta diferenciação progressiva pois os termos relacionam-se entre si.

Quando se analisa o mapa mental do estudante E17, **Figura 54**, verifica-se que há ligações significativas entre os conceitos. As categorias como conhecimento científico e energia são preponderantes com um nível próprio de correlação. Assim, a diferenciação progressiva (há relações entre conceitos gerais com menos gerais) ocorre porque os conceitos possuem relações. Há indícios de uma reconciliação integradora posto que há uma tentativa de ligar conceitos para que surjam novos. Existe uma recombinação de

conceitos já existentes que se reorganizam e formam outros conceitos como, por exemplo, o equilíbrio entre dois sistemas que gera entropia.

Figura 54: Mapa Mental do estudante E17



Fonte: Dado da Pesquisa, 2022.

Nesse mapa mental o estudante sai dos conceitos das Leis da Termodinâmica para definir suas construções cognitivas, ou seja, assume seu protagonismo, através da automotivação, na consecução de sua autoeficácia na construção da aprendizagem.

Essa segurança e confiança administrada pelo estudante advém da sedimentação do conhecimento científico em suas estruturas cognitivas de tal forma que o mesmo possa manejá-lo conscientemente segundo suas circunstâncias.

Quando se verifica o desempenho dos estudantes na elaboração dos seus mapas mentais, por meio de critérios ancorados na TAS e mudanças na representação, há elementos de aprendizagem significativa. Isso provém não só das representações, mas da interpretação e evolução do estudante ao longo da construção da UEPS. A análise dos mapas mentais realizada pelo professor é qualitativa (MOREIRA, 2006) com o fito de determinar evidências de aprendizagem significativa.

Os estudantes, de forma geral, explicitaram uma visão ligada ao conhecimento científico, certamente influenciados, em grande parte, pela construção da UEPS e

desconstruindo o senso comum sedimentado pela mídia e pelos grupos sociais a que pertencem, como a escola, a comunidade do bairro e o grupo de amigos.

Assim, pode-se afirmar que existem sólidos indícios e evidências de uma aprendizagem significativa pelos estudantes na construção e execução da UEPS. Ademais, fica patente que uma proposta de construção e execução de uma sequência didática nestes moldes deve contemplar o tempo necessário para este fim. Aqui, o discernimento do professor volta a ter papel fundamental para o êxito da sequência com o uso de trabalho progressivo com estratégias e caminhos diferenciados.

A transposição e ampliação dos conceitos estudados na atividade experimental para esta etapa mostra que os estudantes conseguiram lograr êxito em uma aprendizagem significativa.

8.9- Análise da Atividade de Conclusão da UEPS

A verificação de aprendizagem da UEPS se deu por meio de uma atividade individual de aprendizagem (APÊNDICE F) e mostrado pela **Figura 55**. O objetivo é consolidar as respostas das hipóteses do presente trabalho e subsidiar uma análise mais refinada.

Figura 55: Atividade Final



Fonte: Dado da Pesquisa, 2022.

Os estudantes, de forma geral, apresentaram uma evolução positiva no domínio e manejo do conteúdo. As respostas delineadas pelos mesmos demonstram uma transposição, diferenciação e reconciliação integrativa nos moldes da aprendizagem significativa conforme mostra a **Figura 56** que corresponde a uma resposta do estudante E02.

Figura 56: Resposta do Estudante E02

Explique essa fisiologia com base nos seus conhecimento sobre temperatura e calor.

Os animais endotérmicos possuem adaptações - características que surgiram pela seleção natural - que ajudam a manter uma temperatura corporal saudável. A diminuição do diâmetro das vasos sanguíneos que saem da pele, um processo chamado de vasoconstrição, reduz o fluxo sanguíneo e ajuda a reter calor.

Fonte: Dado da Pesquisa, 2022.

Observa-se que há uma conexão entre a Biologia (seleção natural) com os aspectos fisiológicos que possibilitam a gestão da temperatura. Essa transposição e diferenciação ocorrem em uma reconciliação integrativa tendo em perspectiva o conjunto de aspectos envolvidos.

Por outro lado, o estudante E20 mostra o comportamento similar ao estudante anterior. Suas respostas conseguem captar domínio, manejo, transposição, diferenciação progressiva e reconciliação integrativa. A **Figura 57** mostra isso com as estruturas cognitivas de distintas ideias e conexões.

Figura 57: Resposta do Estudante E20

Qual a importância da termorregulação e do fluxo de calor nesse sistema biológico?

Os animais tem maneiras diferentes de regular a temperatura do corpo! Essas estratégias termorreguladoras permitem que eles vivem em ambientes diferentes, incluindo alguns habitats extremos. Animais endotérmicos usam o calor metabólico para manter a temperatura do corpo estável, que é frequentemente diferente da temperatura ambiente. Animais ectotérmicos não usam o calor metabólico para manter a temperatura corporal.

Fonte: Dado da Pesquisa, 2022.

A assimilação, transposição, reconciliação e diferenciação dos conceitos também mostra evidência de aprendizagem significativa no estudante E34 na **Figura 58**. Esse estudante não só demonstra domínio no conteúdo como também constrói estruturas de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa dos conceitos.

Figura 58: Resposta do Estudante E34

8- Observe a tirinha abaixo. Com base no seu conhecimento atual sobre Termodinâmica, elabore comentários sobre o conteúdo nela contido: **Descritor: BNCC.EM Ciências: EM13CNT207, EM13CNT306**



Fonte: <https://sites.google.com/site/fisicaprofjaniroleal/tirinhas/calor>. Acesso em 13/07/2022.

É errado falar que sentimos calor, pois calor é a energia térmica em trânsito que move o corpo. A sensação de calor é de menor temperatura. O certo é falar que nosso corpo possui energia interna.

Fonte: Dado da Pesquisa, 2022.

O estudante acima destacado mostra evidências de que sua análise está baseada em parâmetros científicos que contempla uma visão de mundo que não se limita ao senso trivial, mas que avança na seara da reconciliação integrativa.

Essa reconciliação integrativa passa a ser um *modus operandi* nos estudantes nas distintas ações no seu exercício de cidadania e compreensão da realidade social na qual estão inseridos.

8.10- Evidências de Aprendizagem na UEPS

O êxito desta sequência pedagógica está na captação de elementos claros de evidência de aprendizagem significativa nos padrões da TAS como significados, compreensão, domínio da explicação, de aplicar o conhecimento em novos contextos e em situações-problema.

A busca por tais elementos ocorre durante toda as etapas de execução e construção da UEPS desde a primeira até a última atividade: questionário, exibição de vídeos, leitura e discussão de textos, atividade experimental, elaboração de relatório, jogo cooperativo e atividade avaliativa final bem como a captação da satisfação dos alunos.

A miríade de ações pedagógica torna mais dinâmica, interessantes, motivadora e atraente a sequência didática da UEPS para os estudantes no fito de alcançá-los de forma, integral assim como propiciar a exposição das evidências da aprendizagem significativa ao longo do processo.

9- CONSIDERAÇÕES FINAIS

O conjunto de etapas para a construção e desenvolvimento da UEPS resultou em um produto educacional com a finalidade de contribuir para o ensino-aprendizagem de Física (Termodinâmica) nas escolas brasileiras. Ao longo do processo de execução da UEPS buscou-se evidências de aprendizagem significativa pelos estudantes. O material e as atividades potencialmente significativas foram planejadas levando em consideração o conhecimento prévios presente nos estudantes e a conexão com o conhecimento científico abordado fosse feita de forma sinérgica.

O levantamento prévio identificou que o conhecimento dos estudantes sobre calor, temperatura e os seus efeitos nos seres vivos estava distorcido pelo senso comum e pela influência das diversas mídias sociais, mas sem ancoragem no conhecimento científico e tecnológico.

Os alunos, inicialmente, não foram capazes de relacionar calor, temperatura e equilíbrio térmico bem como distinguir a etiologia e dinâmica de tais grandezas nos fenômenos físicos e sua historicidade no contexto da evolução social e científica.

Todos os registros e evidências foram levantadas segundo os aspectos apregoados pela TAS, inclusive em sua análise e discussão. Assim, o levantamento dos subsunçores e sua modulação, as discussões sobre as situações-problema, a etapa de diferenciação progressiva, a atividade colaborativa e a reconciliação integrativa foram feitas por meio de caminhos pedagógicos que pudessem automotivar o estudante na busca por sua autoeficácia na aprendizagem significativa do conteúdo.

O conjunto de atividades realizadas durante a construção da sequência didática promoveu essa motivação. Isto pode ser comprovado pela participação dos alunos na participação, comentários e discussões sobre os distintos aspectos do conteúdo que foi ensinado.

Esse tipo de sequência didática (UEPS) permite detectar ao longo da aplicação evidências de sua evolução. A positividade do processo tende a ser retroalimentado com a inserção de novos e amplos conteúdos de forma otimizar o processo de ensino-aprendizagem significativa por meio do qual os estudantes se manifestam de distintas maneiras. Mas a busca pela perfeição não é o objetivo final.

Dessa forma, é preciso reconhecer as limitações próprias das atividades desenvolvidas no processo. Tais limitações podem e devem ser sanadas através de um planejamento para novas ações em função de cada turma ser aplicada.

O advento da BNCC promoveu uma redução de 50% no tempo de aula por semana ou até mesmo ausentando alguns itinerários desta disciplina no ensino médio. O processo de construção de uma UEPS então deve ser pautado pelo prisma deste fato pois acaba afetando o dinamismo próprio de construção desta sequência. No mínimo, podendo aspectos relevantes da historicidade crítica e processual no decorrer da mesma.

Ao longo do desenvolvimento da UEPS é possível verificar a progressão crescente do nível de aprendizagem significativa dos estudantes, inclusive com elementos da aprendizagem significativa crítica de Marco Antônio Moreira. Isso mostra como a autoeficiência e autoeficácia dos estudantes foram desenvolvidas por meio desta metodologia.

Nesse sentido, uma evidência singular da aprendizagem significativa pode ser a comparação entre o nível de desenvolvimento e apropriação que os estudantes tiveram na atividade final quando comparado com a atividade inicial de levantamento de subsunçores.

Desde aspectos de comportamento como segurança e tranquilidade até aspectos de desenvolvimento, construção e apropriação dos conceitos físicos em um patamar mais amplo e profundo.

Tal desenvolvimento passou por etapas de percurso didático-metodológico nas quais os próprios estudantes alçaram-se para novas camadas de conhecimento sobre a relação da Termodinâmica com os seres vivos.

A participação mediadora do autor do trabalho configura e resgata o papel e função social do professor no contexto da sociedade pós-industrial que atualmente se configura.

O nível de manejo dos conceitos físicos, manifestado pela segurança e destreza na escrita das respostas e nas posturas individuais e em grupo, demonstra que a ancoragem dos conteúdos trabalhados foi determinante a partir de uma modulação mais precisa dos subsunçores.

O mecanismo de filtragem dos subsunçores constitui como elemento fundamental para um desenvolvimento metodológico de êxito. Em caso negativo, a metodologia de aplicação da UEPS compromete-se a um nível tal que, apesar das retroalimentações ao longo do tempo, seu sucesso fica comprometido por uma desorganização generalizada e cruzada nos estudantes e no próprio professor.

Os resultados apresentados pelos estudantes foram satisfatórios em termos de TAS e TAS-Crítica pois contribui para o ensino de Física assim como estimula os mesmos na

busca por uma carreira científica. Essa propagação da carreira científica como opção profissional e de realização profissional e ascensão social pode ser trabalhada por meio da construção de uma UEPS. Tal atitude combate o crescente cenário desalentador apregoada pela nova BNCC frente às carreiras científicas, de uma forma geral, e da Licenciaturas, de uma forma particular.

As manifestações dos estudantes sobre a metodologia demonstram a receptividade e aprovação da mesma. Dado um mundo baseado na intensidade da revolução das redes de comunicações e da interatividade quase instantânea e intenso tráfego de informações, a UEPS construída nesta sequência didática se apresenta como tecnologia emergente de amplo espectro de ação pedagógica. Combate, assim mesmo, as patologias de um ensino de Física descontextualizado e mecanicista na escola.

O planejamento de execução da UEPS e de sua capacidade de correção de desvios alçam-na à condição de metodologia de defesa hostil em relação aos aspectos deturpados da Física que são triviais na sociedade atual. Isso constrói e valoriza a cidadania do indivíduo enquanto estudante e cidadão inserido em sua historicidade e contexto social.

As novas formas de educação e de ensino assumem um novo protagonismo na sociedade atual. Cabe aos pensadores e teóricos sobre o tema na academia e institutos de pesquisa discutirem sobre as mesmas, mas cabe ao professor da educação básica o papel primordial de sua execução considerando as distintas adaptações necessárias ao momento de percurso em sala de aula.

10- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFONSO, D. H. *Análise qualitativa do portfólio digital na formação pedagógica de preceptores da área de saúde: vantagens do Wordle*. **Anais da Associação Brasileira de Educação**, Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <<http://www.abed.org.br/congresso2011/cd/233.pdf>>. Acesso em 13/05/2022.

ALMEIDA, F. J. **Paulo Freire**. Folha Explica, v. 81. São Paulo: Publifolha. 95p, 2009.

ALVES, C. B.; DAMÁZIO, M. M.; FERREIRA, J.P. **A Educação Especial na Perspectiva da Inclusão Escolar: abordagem bilíngue na escolarização de pessoas com surdez**. Brasília: Ministério da Educação, Secretária de Educação Especial (Fortaleza): Universidade Federal do Ceará, 2010.

ALVES, M.; KARA-JOSÉ, N. *A criança deficiente visual*. In: ALVES; KARA-JOSÉ, N. **O olho e a visão - O que fazer pela saúde ocular das nossas crianças**. Petrópolis: Vozes, 1996. p. 27.

ANGILLETTA Jr., M. J., *Thermal Adaptation: A Theoretical and Empirical Synthesis* (Oxford, 2009; online edn, Oxford Academic, 1 May 2009), Disponível em: <<https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198570875.001.1>>. Acesso em 26/09/2022.

ARAUJO, L.G.S.; LIRA, H.D.S.; DA SILVA, M.A.B. **A importância dos mecanismos de termorregulação do organismo durante a atividade física**. Repositório ASCES (centro Universitário Barbosa de Almeida). Caruaru. Disponível em: <<http://repositorio.asc.es.edu.br/bitstream/123456789/2329/1/A%20IMPORT%C3%82NCIA%20DOS%20MECANISMOS%20DE%20TERMORREGULA%C3%87%C3%83O%20DO%20ORGANISMO%20DURANTE%20A%20ATIVIDADE%20F%C3%8DSICA.pdf>>. Acesso em 27/05/2022.

BACHELARD, Gaston. **A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BAHIA. **Portaria de nº 5.872 de 15 de julho de 2011**. Aprova o Regimento Escolar das unidades escolares integrantes do Sistema Público Estadual de Ensino. Salvador. 2011.

BAHIA. **Projeto Político Pedagógico do Colégio Estadual Abdias Menezes (CEAM)**. Vitória da Conquista, Bahia, 2022.

_____. Secretaria de Educação do Estado da Bahia. **Orientações metodológicas para (re)elaboração dos projetos político pedagógicos à luz do Documento Curricular Referencial da Bahia (DCRB)**. Rio de Janeiro: FGV DGPE, 2021. 116 p.

BASSALO, J. M. F., CATTANI, M. S. D. e Nassar, A. B., **Aspectos Contemporâneos da Física**. Editora Universitária UFPA, Belém - PA, (2005).

BERNHARD, J. *Thinking and Learning through Technology - Mediating Tools in Science and Engineering Education*. Linköping University, Campus Norrköping, SE-601 74 Norrköping, Sweden, 2015.

BITTENCOURT, R. S. Uma experiência desequilibradora para a construção do conceito de equilíbrio térmico. Vitória da Conquista: Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), 2022.

BRASIL. CONGRESSO NACIONAL. **Constituição Federal de 1988: República Federativa do Brasil**. Brasília: Senado Federal, Centro Gráfico, 1988.

BOTTECCHIA, O. L., **O experimento de Clement-Desormes no século XXI**. Química Nova, vol. 33, número 8, 1800-1804, (2010). Artigo disponível em <https://www.scielo.br/pdf/qn/v33n8/31.pdf> acessado em 29 de junho de 2022.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Curricular Comum (BNCC)**. Comentário Ensino Médio (Bahia). Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/relatorios>. Acesso em 18/04/2022.

BRASIL. Ministério da Educação. **Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica**. Ministério da Educação. Secretária de Educação Básica. Brasília: MEC, SEB, DICEI, 2013. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/docman/julho-2013-pdf/13677-diretrizes-educacao-basica-2013-pdf/file>. Acesso em 18/04/2022.

_____. Ministério da Educação. Lei Federal de nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Brasília: 1996.

_____. Decreto Federal denº 6.253, de 13 de novembro de 2007. Dispõe sobre o Fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica e de Valorização dos Profissionais da Educação - FUNDEB, regulamenta a Lei no 11.494, de 20 de junho de 2007, e dá outras providências. Brasília: 1996.

_____. Ministério da Educação. Lei Federal de nº 11.494. Regulamenta o Fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica e de Valorização dos Profissionais da Educação - FUNDEB, de que trata o art. 60 do Ato das Disposições Constitucionais Transitórias; altera a Lei no 10.195, de 14 de fevereiro de 2001; revoga dispositivos das Leis nos 9.424, de 24 de dezembro de 1996, 10.880, de 9 de junho de 2004, e 10.845, de 5 de março de 2004; e dá outras providências. Brasília: 1996.

_____. Ministério da Educação. O diretor, o Conselho Escolar e a gestão democrática na escola. Brasília: 1996. _____. Ministério da Educação. Portaria de nº 971 de 9 de outubro de 2009. DOU de 13/10/2009 (nº 195, Seção 1, pág. 52). Brasília: 2009.

_____. Ministério da Educação. Portaria de nº 438 de 28 de maio de 1998. DOU de 01/06/1998 (nº 102-E, Seção 1, pág. 5). Brasília: 1998.

_____. Ministério da Educação. Portaria de nº 9 de 30 de junho de 2009. Brasília: 2009.

_____. Ministério da Educação. Portaria de nº 1.140 de 22 de novembro de 2013. DOU de 25/11/2013 (nº 228, Seção 1, pág. 24). Brasília: 2013.

_____. **Lei de Diretrizes e Bases (LDB) nº 9394/96**. Brasília. 1996. BRASIL. Lei Federal de nº 10.436. Dispõe sobre a Língua Brasileira de Sinais – Libras e dá outras providências. Publicada no Diário Oficial da União em 24/04/2003.

_____. **Lei Federal de nº 8.069** de 13 de julho de 1990. Dispõe sobre o Estatuto da Criança e do Adolescente e dá outras providências. Brasília. 1990.

_____. **Decreto Federal de nº 5626**. Regulamenta a Lei 10.436, de 24 de abril de 2002, que dispõe sobre a Língua Brasileira de Sinais – Libras, e o art. 18 da Lei nº 10.098, de 19 de dezembro de 2000. Publicada no Diário Oficial da União em 22/12/2005.

_____. **Decreto Federal de nº 6.949, de 25 de agosto de 2009**. Promulga a Convenção Internacional sobre os direitos das Pessoas com Deficiência e seu protocolo facultativo, assinados em Nova York, em 30 de março de 2007.

_____. **Decreto Federal de nº 7.611, de 17 de novembro de 2011**. Dispõe sobre a educação especial, o atendimento educacional especializado e dá outras providências. Publicado no DOU de 18.11.2011 e republicado em 18.11.2011 – Edição Extra.

_____. **Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva**. 2008.

CALHEIRO, L.B. *et al.* **Aprendizagem significativa: análise de mapas conceituais a partir das representações sociais da radiação**. Revista DYNAMIS. FURB, Blumenau, V.26, Nº 1, 2020 – p. 39 -60. Disponível em:<https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:Yg_kAW1wj08J:https://bu.furb.br/ojs/index.php/dynamis/article/viewFile/8371/4523&cd=13&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>. Acesso em 17/12/2022.

CAMPOS, A. A.; ALVES, E. S.; SPEZIALI, N. L., **Física Experimental Básica na Universidade**. p. 78-83, Edição junho de 2018 – disponível em <<https://sites.google.com/view/febu/home>> acessado em 30 de junho de 2022.

CAÑAS, A. J. **Concept Maps: Theory, Methodology, Technology**. Pamplona: Universidad Pública de Navarra, Espanha, 2004. Disponível em:<<http://cmc.ihmc.us/cmc2004Proceedings/cmc2004%20-%20Vol%201.pdf>>. Acesso em 26/05/2022.

CARDOSO, N. J. **A pesquisa qualitativa em educação e ensino**. Lajeado: Editora UNIVATES, 2012.

CAPPELLETTO, E. O Vê de Gowin conectando teoria e experimentação em física geral: questões didáticas, metodológicas e epistemológicas relevantes ao processo. Orientador: Marco Antônio Moreira, 2009, 297 f. Dissertação (Mestrado). Mestrado Acadêmico em Ensino de Física, Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, 2009. Disponível em:<<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/17446/000717655.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 15/05/2002.

CARUSO RONCA, A.C. “*Teorias de ensino: A contribuição de David Ausubel*”. **Temas em Psicologia**, São Paulo, Nº 3, p. 91-95, 1994.

CARVALHO, H. A. P.; ZANATTA, S. C.; LEIRIA, T. F. O ensino de física no atual contexto das políticas educacionais e dos paradigmas epistemológicos da ciência do século XX. **Pedagogia em Foco**, Iturama, v.11, n. 6, p. 116-134, jul. /dez. 2016.

CASTRO, L.M. Apontamentos de Classe “**Termodinâmica e Mecânica Estatística**”. Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF). Vitória da Conquista: UESB, 2020.

CHAVES, A. S. **Física: Sistemas Complexos e outras Fronteiras**. Reichmann & Affonso Editores, 2001.

CONSELHO NACIONAL DE EDUCAÇÃO. **Resolução de nº 2 de 30 de janeiro de 2012**. Define Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Brasília. 2012.

CORREIA, Jornandes Jesús; JOSÉ, Wagner Duarte. O conceito de entropia e as leis da termodinâmica em livros didáticos de física. X Colóquio do museu pedagógico 28 a 30 de agosto de 2013.

CORREIA, J.J.; LIMA; L.S. *Obstáculos Epistemológicos e o Conceito de Calor. Sitientibus Série Ciências Físicas 04*, Feira de Santana: Universidade Estadual de Feira de Santana, 2008.

CORREIA, J.J.; OLIVEIRA, W. C. *A definição de entalpia em livros didáticos*. **Revista Binacional Brasil Argentina**. ISSN 23161205. Vitória da Conquista: V.8, nº 1, p. 327 a 353, Julho/2019.

CORREIA, J. J.; JOSÉ, W. D. **O conceito de entropia e as leis da termodinâmica em livros didáticos de física**. X Colóquio do museu pedagógico 28 a 30 de agosto de 2013.

DARIUS, R.P.P.; F. A. DARIUS. *A educação pública no Brasil no século XX: considerações à luz da formação dos grupos escolares e do manifesto dos pioneiros da educação nova*. **Revista Brasileira Psicologia e Educação**. Araraquara, v. 20, n. 1, p. 32-41, jan./jun., 2018. e-ISSN: 2594-8385. DOI: 10.30715/rbpe.v20.n1.2018.11248. Disponível em: < <https://periodicos.fclar.unesp.br/doxa/article/download/11248/7385/32663>>. Acesso em 25/05/2022.

DICIONÁRIO ONLINE DE PORTUGUÊS. **Verbetes Enzima**. Disponível em: <[https://www.dicio.com.br/enzima/#:~:text=Significado%20de%20Enzima,\(origem%20da%20palavra%20enzima\)](https://www.dicio.com.br/enzima/#:~:text=Significado%20de%20Enzima,(origem%20da%20palavra%20enzima))>. Acesso em 26/09/2022.

DOMÉNECH, J. L. *L'ensenyament de l'energia en l'edució secundària: anàlisi de les dificultats i una proposta de millora*. 2000. 317 f. Tese (Doutorado) - Departament de Didàctica de les Ciències Experimentals i Socials, Universitat de València, València.

DUARTE JOSÉ, W. **Apontamentos de Aula Fundamentos Teóricos em Ensino Aprendizagem**. Vitória da Conquista: Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (SBF-MNPEF), Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), 2021.

ENCICLOPEDIA BRITÂNICA DIGITAL. *Science*. Disponível em: <https://www.britannica.com/science/enzyme#ref215677>. Acesso em 26/09/2022.

EISBERG, R. M.; LERNER, L.S. **Física: fundamentos e aplicações**. São Paulo: McGrawHill do Brasil, 1982. v. 2.

EUGÊNIO, B. G.; DOS SANTOS, J. J. R.; SOUZA, J. B. *Políticas para a implementação da lei 10639/03 em um município brasileiro: o discurso oficial e o discurso pedagógico*. **ETD: Educação Temática Digital**, ISSN-e 1676-2592, Vol. 19, Nº. 1, 2017

FERREIRA, M. et. al. *Unidade de Ensino Potencialmente Significativa sobre óptica geométrica apoiada por vídeos, aplicativos e jogos para smartphones*. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, V. 42, 2020. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbef/a/dJv9Vkf6434ffg5tJDPbpM/?lang=pt>>. Acesso em 13/05/2022.

FILHO, K.S.O.; SARAIVA, M.F.O. **Espectroscopia**. Disponível em: <http://astro.if.ufrgs.br/rad/espec/espec.htm>, Acesso em 12/07/2021.

FIGUEIREDO, J. N.; CORDEIRO, D. G. *Termoscópio de Galileu*. Programa de Iniciação à Docência (PIBID/UFSC) da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

FREIRE, P. *A Alfabetização de Adultos: é ela um que fazer neutro?* **Educação & Sociedade**, Vol. 1, nº 1, 64-70. 1979.

GASPAR, A. **Atividades Experimentais no Ensino de Física: Uma nova visão baseada na Teoria de Vigotski**. São Paulo: Livraria da Física, 2014.

GASPAR, A. **Cinquenta anos de ensino de física: muitos equívocos, alguns acertos e a necessidade do resgate do papel do professor**. In: **EDUCAÇÃO**, ano 13, n.21, dez. 2004.

GASPAR, Alberto; MONTEIRO, Isabel Cristina de Castro. **Atividades experimentais de demonstrações em sala de aula: uma análise segundo o referencial da teoria de Vygotsky**. *Investigações em Ensino de Ciências – V10(2)*, pp. 227-254, 2005.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. São Paulo: Editora Atlas, 220 p., 2002.

GONZÁLEZ EDUARDO, M. *¿Qué Hay que Renovar en los Trabajos Prácticos? Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, v. 10, n. 2, p. 206-211, 1992.

GOWIN, D. B., ALVAREZ, M. C. *The Art of Educating with V Diagrams*. Cambridge: Cambridge University Press, 2005.

GOWIN, D. B.; ALVAREZ, M.C. *The Art of Education with V Diagrams*. Cambridge: Cambridge University Press, 231 p., 2005.

GUGÉ, L. R. **A meteorologia como elemento mediador para o ensino de conceitos da termodinâmica no ensino fundamental**. Orientador: Luizdarcy de Matos Castro, 2018, 129 f. Dissertação (Mestrado). Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UFRGS), Vitória da Conquista - BA, 2018. Disponível em: < <http://www2.uesb.br/ppg/mnpef/wp-content/uploads/2019/07/Disserta%C3%A7%C3%A3o-versao-Final-Luciano.pdf>>. Acesso em: 15/05/2022.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; MERRIL, J. **Fundamentos da Física**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2004. v. 2

HALLIDAY, David, 1916 – Fundamentos de física, volume 2: gravitação, onda e termodinâmica/ Halliday, Resnick, Jearl Walker: tradução e revisão técnica Ronaldo Sérgio de Biasi. – Rio de Janeiro: LTC, 2009.

HODSON, D. *Hacia un Enfoque Más Crítico del Trabajo de Laboratorio. Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, v. 12, n. 3, p. 299-313, 1994.

HOWE, M. J. A. *Understanding School Learning*. New York: Harper e Row, Publishers, 1972.

IHMC. *Institute for Human and Machine Cognition. Joseph D. Novak*. Disponível em:< <https://www.ihmc.us/joseph-novak/>>. Acesso em 21/05/2022.

JOHNSON-LAIRD, P. N. *Mental models*. Cambridge, MA: Harvard University Press. 513 p., 1983.

JUDELMAN, G. B. *Knowledge Visualization: Problems and Principles for Mapping the Knowledge Space*. Germany: [s.n.], 2004.

KHAN, ACADEMY. “Estratégias de controle de temperatura”. Disponível em:<<https://pt.khanacademy.org/science/biology/principles-of-physiology/metabolism-and-thermoregulation/a/animal-temperature-regulation-strategies>>. Acesso em 19/10/2022.

LEBOEUF, H. A.; BATISTA, I. *O uso do “V” de Gowin na formação docente em ciências para os anos iniciais do ensino fundamental*. **Investigações em Ensino de Ciências** – V18 (3), pp. 697-721, 2013. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/viewFile/121/85>>. Acesso em 18/03/2022>. Acesso em 15/05/2022.

LEIS DA TERMODINÂMICA. Instituto de Física. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. Universidade Federal do Rio Grande do Sul (IFRGS). Disponível em:<https://www.if.ufrgs.br/~dschulz/web/leis_termodinamica.htm>. Acesso em 15/10/2022.

LEVY, P. **As tecnologias da inteligência – O futuro do pensamento na era da informática**. São Paulo: Editora 34, 1993.

LIBÂNEO, C. C. **Democratização da Escola Pública**. São Paulo: Loyola, 1990. Disponível em: <<http://fenix-space.blogspot.com.br/2008/11/colgio-abdias-menezes-o-onteme-o-hoje.html>>. Acesso em 28/04/2022.

LOPES, A.C. **Currículo e Epistemologia**. Ijuí-RS: Editora Unijuí, 2007.

LUDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em Educação: Abordagens Qualitativas**. São Paulo: Editora EPU, 1986.

LUCAS, L.B. *et. al.* **A utilização do Vê Epistemológico de Gowin no ensino de ciências como um instrumento não tradicional de avaliação da aprendizagem. X CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE INVESTIGACIÓN EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS**. Sevilla, 2017.

Disponível em:< https://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc_a2017nEXTRA/52_-_A_utilizacao_do_Ve_Epistemologico_de_Gowin_no_ensino_de_ciencias_como.pdf>. Acesso em 21/05/2022.

MACHADO, C.T. CARVALHO, A.A. **Revista Contexto & Educação**, nº 35, 2020.

MALDANER, O. A. Currículo contextualizado na Área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias: a situação de estudo. In: ZANON, L.B.; MALDANER, O.A. (Orgs.) **Fundamentos e propostas de ensino de Química para a educação básica no Brasil**. Editora Unijuí, 2007, p. 109-138. Coleção Educação em Química.

MASINI, E.F.S., MOREIRA, M.A. **Aprendizagem significativa na escola**. Curitiba, PR: Editora CVR. 87p. 2017.

MASINI, E.F.S. *Aprendizagem significativa: condições para ocorrência e lacunas que levam a comprometimentos. VI Encontro Internacional de Aprendizagem Significativa (VI EIAS) e 3o Encontro Nacional de Aprendizagem Significativa (3o ENAS)*, Universidade Bandeirantes, São Paulo: 26 a 30 de julho de 2010.

CASTRO, L. M. **Apontamento de Aula da Disciplina Termodinâmica e Mecânica Estatística**. Vitória da Conquista: Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (SBF-MNPEF), Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), 2020.

MOREIRA, M.A. **Aprendizagem significativa em ciências: condições de ocorrência vão muito além de pré-requisitos e motivação**. ENCITEC-Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista. ISSN:2237-450.DOI: <http://dx.doi.org/10.31512/encitec.v11i2434>. Disponível em: <https://san.uri.br/revistas/index.php/encitec/article/view/434/216>. Acesso em 23/04/2022.

_____. **Unidades de Ensino Potencialmente Significativas – UEPS**. Instituto de Física – UFRGS, Porto Alegre, 2012 Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/~moreira/UEPSport.pdf>>. Acesso em 21/04/2022.

_____. **Mapas conceituais e aprendizagem significativa**. São Paulo: Centauro Editora, 2010.

_____. **Aprendizagem significativa crítica.** *Indivisa, Boletín de Estudios e Investigación*, nº 6, 2005, 1ª edição; 2ª edição 2010; ISBN 85-904420-7-1. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/~moreira/apsigcritport.pdf>>. Acesso em 15/05/2022.

_____. **Curriculum Vitae em Português.** Disponível em:<<http://moreira.if.ufrgs.br/cvpor.pdf>>. Acesso em 20/05/2022.

McKELVEY, P. *et al.* **Física Básica.** Editora Harbra & Row, 3º Volume, 1979.

MENESES, A.; MARIANO, F. **Física para concursos.** São Paulo: Editora Elsevier, 2010.

MOREIRA, M. A. BUCKWEITZ, B. **Mapas Conceituais.** São Paulo: Editora Moraes, 1982.

NEVES, J. L. *Pesquisa qualitativa revisitada – características, usos e possibilidades.* **Caderno de Pesquisas em Administração.** São Paulo, 2006.

NOVAK, J. D. & GOWIN, D. B. **Aprendendo a aprender.** Lisboa: Plátano Edições Técnicas. Tradução para o português do original *Learning how to learn*. 212p., 1996.

NOVAK, J. D. *Conocimiento y aprendizaje. Los mapas conceptuales como herramientas facilitadoras para escuelas y empresas.* Madrid: Alianza Editorial. Tradução para o espanhol do original *Learning, creating, and using knowledge. Concept maps as facilitating tools in schools and corporations*. 315 p., 1998.

NOVAK, J. D. **Aprender, criar e utilizar o conhecimento. Mapas conceituais como ferramentas de facilitação nas escolas e empresas.** Lisboa: Plátano Universitária. 252p., 2000.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física básica 2.** 4. ed. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 2002. 314 p.

_____. **Curso de Física Básica, Fluidos, Oscilações, Ondas e Calor.** 3ª Edição Editora Edgard Blucher Ltda, 1981.

OLIVEIRA Jr, H.A. **Lógica difusa: aspectos práticos e aplicações.** Interciência, Rio de Janeiro, 1999.

OMOTE, S. *A formação do professor de educação especial na perspectiva da inclusão.* **In.** BARBOSA, R.L.L. (Org.) *Formação de educadores: desafios e perspectivas.* São Paulo: Editora UNESP, 2003. p. 153-169.

ONTORIA, A. P.; LUQUE, A.; GOMEZ, J. P. R. **Aprender com os mapas mentais: uma estratégia para pensar e estudar.** 2. ed. São Paulo: Editora Madras, 2006.

PÁDUA, A.B.; PÁDUA, C.G.; SILVA, J.L.; MARTINS, R.S.; POSTALI, F.B.; TIRITAN, L.A.; **Termodinâmica clássica ou termodinâmica do equilíbrio: aspectos conceituais básicos.** *Semina : Ciências Exatas e da Terra, Londrina*, v. 29, n. 1, p. 57-84,

jan./jun, 2008. Disponível em:<<https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/semexatas/article/view/2974/2520>>. Acesso em 23/03/2023.

PRADELLA, M. **Abordagem de conceitos de Termodinâmica no Ensino Médio por meio de unidades de ensino potencialmente significativas**. Dissertação, Universidade Federal do Grande do Sul (UFRGS), 2014. Disponível em:<http://www.if.ufrgs.br/public/tapf/pradella_v25_n3.pdf>. Acesso em 15/03/2022.

PEREIRA, E. R. L. *et al.* **Conectando a Física e Biologia via experimentos lúdicos de Termodinâmica**. Programa de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID/UESB). Vitória da Conquista: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2009.

PIETROCOLA, M. et al., **Física em contextos, 2: Ensino Médio**. 1ª ed. – São Paulo: Editora do Brasil, 2016.

PRAIS, J.L.S.; ROSA, V.F. *Nuvem de palavras e mapa conceitual: estratégias e recursos tecnológicos na prática pedagógica*. **Nuances: estudos sobre Educação, Presidente Prudente - SP**, v. 28, n. 1, p. 201-219, Jan./Abr. 2017. ISSN: 2236-0441 DOI: 10.14572/nuances.v28i1.4833. Disponível em:<<https://revista.fct.unesp.br/index.php/Nuances/article/view/4833>>. Acesso em: 26/05/2022.

POSTMAN, N. *The end of education: redefining the value of school*. New York: Vintage Books/Random House. 208 p., 1996.

REIF, F., **Fundamentals of Statistical and Thermal Physics**. McGraw-Hill, 1985.

RIBEIRO, J.L.P.; VERDEAUX, M.F.S. *Atividades experimentais no ensino de óptica: uma revisão*. **Revista Brasileira Ensino de Física** **34** (4), **Dez 2012**. <https://doi.org/10.1590/S1806-11172012000400021>. Disponível em:<<https://www.scielo.br/j/rbef/a/PSJ8nXFtMmmrpjNgFcxgWp/?lang=pt#>>. Acesso em: 20/05/2022.

SALINAS, S. R., **Introdução à física estatística**, EDUSP, São Paulo, (1997).

SAMPAIO, José Luiz; CALÇADA, Caio Sérgio. *Universo da física, 2: tópicos especiais de mecânica, fluido mecânica, termologia, óptica*. – São Paulo: Atual, 2001.

SANT'ANNA et al. *Conexões com a Física*. 1ª Ed. São Paulo: Moderna, 2010.

SASSAKI, R. K. *Inclusão: acessibilidade no lazer, trabalho e educação*. In: **Revista Nacional de Reabilitação (Reação)**. São Paulo, Ano XII, mar./abr. 2009, p. 10-16.

SEARS, F. W.; SALINGER, G. L. **Termodinâmica, Teoria Cinética e Termodinâmica Estatística**. 3ª Edição, Ed. Guanabara Dois, Rio de Janeiro, 1979.

SERWAY, Raymond A. **Princípios de física**/ Raymond A. Serway, John W. Jewett Jr.; tradução EZ2 Translate; revisão técnica Sergio Roberto Lopes. – São Paulo: Cengage Learning, 2014.

SERWAY, R.A.; JEWETT, J. W. *Princípio de Física*, V. 02. Cengage Learning, 2015.

_____, Raymond A. **Princípios de física: movimento ondulatório e termodinâmico**/ Raymond A. Serway, John W. Jewett, Jr.; tradução Leonardo Freire de Mello, Tânia M. V. Freire de Mello; revisão técnica André Koch Torres Assis. – São Paulo: Cengage Learning, 2011.

SILVA FILHO, O. L.; FERREIRA, M. Modelo teórico para levantamento e organização de subsunçoes no âmbito da Aprendizagem Significativa. *REVISTA Brasileira de Ensino de Física*, Vol. 44, 2022. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbef/a/GftmMVGdCfWfJMMKpfZkszq/>>. Acesso em 22/05/2022.

SRIKANT, S. *Evolution of Substrate Selectivity in ATP Binding Cassette Exporters*. Tese de Doutorado, Harvard University, Graduate School of Arts & Sciences, 2019.

SOUZA, G.V. *Teoria Histórico-Cultural e aprendizagem contextualizada*. 2011. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/psicoeduc/gilvieira/2011/02/02/teoria-historicocultural-e-aprendizagem-contextualizada/>. Acesso em 21/04/2021.

SOBRINHO, M. F. **Temas sócio científicos no Enem e no livro didático: limitações e potencialidades para o ensino de Física**. 2016. 349 f. Tese (Doutorado em Educação), Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

XU, X.; WERNER, J. *A Dynamic Model of the Human/Clothing/Environment-System*. Institut fur Physiologie, Germany, 2008.

VÍDEO UTILIZADO

“*Você se cobriu errado a vida inteira? Nós testamos!*”. Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=Qw9PiQJSEw0>>. O acesso foi feito em 03/08/2022.

APÊNDICES

APÊNDICE A

QUESTIONÁRIO SÓCIO – ECONÔMICO – CULTURAL

Este Questionário é destinado aos estudantes da turma do 2º Ano, Turma B, turno Matutino, do Colégio Estadual Abdias Menezes (CEAM) como parte integrante da implementação de um produto educacional realizado pelo mestrando Nelson Novais Júnior, sob orientação dos Professores Dr. Luizdarcy de Matos Castro e Dr. Jorge Anderson Paiva Ramos, do curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB).

1. QUAL É O SEU NOME COMPLETO?

2. QUAL É O SEU SEXO? () Masculino () Feminino

3. QUAL É SUA DATA DE NASCIMENTO? (Indique o dia, o mês e o ano)

4. ONDE MORA?

() Zona Urbana () Zona Rural - Localidade:

5. COM QUEM VOCÊ MORA?

() Pais () Irmãos (Quantos?____)
() Parentes () Outros (Quem?_____)

6. QUAL O TIPO DE MORADIA DE SUA FAMÍLIA:

() Sítio ou fazenda () Casa
() Apartamento () Outro: _____

7. QUAL A CONDIÇÃO DO IMÓVEL ONDE SUA FAMÍLIA RESIDE?

() Própria () Alugada () Outra

8. EM RELAÇÃO AO ORÇAMENTO FAMILIAR, QUAL A SUA SITUAÇÃO ATUAL?

- Depende inteiramente da ajuda dos pais
- Depende financeiramente de outros parentes
- É independente financeiramente.
- É independente financeiramente e responsável **por parte** das despesas domésticas. É independente financeiramente e responsável **por todas** as despesas domésticas.

9. RENDA TOTAL MENSAL DA SUA FAMÍLIA:

- Até um salário mínimo
- Mais de 1 até 3 salários mínimos
- Mais de 3 até 5 salários mínimos
- Mais de 5 salários mínimos

10. QUAL O GRAU DE ESCOLARIDADE DA SUA MÃE OU MADASTRA?

- Nunca estudou
- Ensino Fundamental incompleto
- Ensino Fundamental completo
- Ensino Médio incompleto
- Ensino Médio completo
- Ensino Superior
- Pós-graduação completa ou incompleta
- Não sei.

11. QUAL O GRAU DE ESCOLARIDADE DO SEU PAI OU PADASTRO?

- Nunca estudou
- Ensino Fundamental incompleto
- Ensino Fundamental completo
- Ensino Médio incompleto
- Ensino Médio completo
- Ensino Superior
- Pós-graduação completa ou incompleta
- Não sei.

18. QUAL A SUA OPINIÃO SOBRE O USO DE:

A) USO DAS TECNOLOGIAS DA COMUNICAÇÃO

B) EXPERIMENTOS REAIS

B) EM RELAÇÃO A MELHORIA DO ENSINO ESSE TIPO DE QUESTIONÁRIO?

- Importante
- Alguma importância
- Pouco Importante
- Fora da minha realidade
- Perda de tempo

19. VOCÊ ACREDITA QUE POSSA EXISTIR CIÊNCIA SEM O PROFESSOR?

- Sim
- Não

20. VOCÊ ACREDITA SER POSSÍVEL PRODUZIR CONHECIMENTO CIENTIFICO NA SALA DE AULA?

- Sim
- Não

21. QUANTAS HORAS EM MÉDIA POR SEMANA VOCÊ DEDICA AOS ESTUDOS (FORA DA ESCOLA)?

- A) menos de 2h
- B) entre 2h e 4h
- C) entre 4h e 6h
- D) mais de 6h

22. VOCÊ USA A TECNOLOGIA EM PROL DE SEU APRENDIZADO?

- Sim
- Não

23. COMO VOCÊ USA OU PRETENDE USAR?

Obrigado pela participação!!!

Fonte: Adaptado de SANTANA, J. (2019) e MORAES, J.U.P. (2012).

APÊNDICE B

Atividade 1

Questionário aplicado aos estudantes do 2º Ano, turma B, do Ensino Médio, do turno matutino, do Colégio Estadual Abdias Menezes (CEAM), localizado no município de Vitória da Conquista, estado da Bahia, como parte integrante da pesquisa de Mestrado realizada pelo discente Nelson Novais Júnior, sob orientação dos Professores Dr. Luizdarcy de Matos Castro e Dr. Jorge Anderson Paiva Ramos, ambos do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (MNPEF-UESB), intitulada **Uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa para o ensino de conceitos de termodinâmica sobre elementos da termorregulação dos seres vivos.**

Nome Completo: _____

Questionário

01-(CEFET-SP) Calor é:

- a) energia em trânsito de um corpo para outro, quando entre eles há diferença de temperatura
- b) medido em graus Celsius
- c) uma forma de energia que não existe nos corpos frios
- d) uma forma de energia que se atribui aos corpos quentes
- e) o mesmo que temperatura

02-(PUCCAMP-SP) Sobre o conceito de calor pode-se afirmar que se trata de uma:

- a) medida da temperatura do sistema.
- b) forma de energia em trânsito.
- c) substância fluida.
- d) quantidade relacionada com o atrito.
- e) energia que os corpos possuem.

03-(UFP-RS) Considere as afirmações a seguir:

I. Quando dois corpos estão em equilíbrio térmico, ambos possuem a mesma quantidade de calor.

II. Quando dois corpos estão em equilíbrio térmico, ambos possuem a mesma temperatura.

III. Calor é transferência de temperatura de um corpo para outro.

IV. Calor é uma forma de energia em trânsito.

Das afirmações acima, pode-se dizer que:

- a) I, II, III e IV são corretas
- b) I, II, III são corretas
- c) I, II e IV são corretas
- d) II e IV são corretas
- e) II e III são corretas

04-(OSEC-SP) O fato de o calor passar de um corpo para outro deve-se a:

- a) quantidade de calor existente em cada um.
- b) diferença de temperatura entre eles.
- c) energia cinética total de suas moléculas.
- d) o número de calorías existentes em cada um.
- e) nada do que se afirmou acima é verdadeiro.

05-(AFA-SP) Assinale a alternativa que define corretamente calor.

- a) Trata-se de um sinônimo de temperatura em um sistema.
- b) É uma forma de energia contida no sistema.
- c) É uma energia em trânsito, de um sistema a outro, devido à diferença de temperatura entre eles.
- d) É uma forma de energia superabundante nos corpos quentes.
- e) É uma forma de energia em trânsito do corpo mais frio para o corpo mais quente.

06-(PUC-MG) Se ocorre troca de calor entre dois corpos, é correto dizer que, no início desse processo, são diferentes:

- a) Suas massas.

08- (ENEM) Nos dias frios, é comum ouvir expressões como: “Esta roupa é quentinha” ou então “Feche a janela para o frio não entrar”. As expressões do senso comum utilizadas estão em desacordo com o conceito de calor da termodinâmica. A roupa não é “quentinha”, muito menos o frio “entra” pela janela.

A utilização das expressões “roupa é quentinha” e “para o frio não entrar” é inadequada, pois o(a):

- A) Roupa absorve a temperatura do corpo da pessoa, e o frio não entra pela janela, o calor é que sai por ela.
- B) Roupa não fornece calor por ser um isolante térmico, e o frio não entra pela janela, pois é a temperatura da sala que sai por ela.
- C) Roupa não é uma fonte de temperatura, e o frio não pode entrar pela janela, pois o calor

- b) Suas capacidades térmicas.
- c) Seus calores específicos.
- d) Suas temperaturas.

07-(UFV-MG) Quando dois corpos de materiais diferentes estão em equilíbrio térmico, isolados do meio ambiente, pode-se afirmar que:

- a) o mais quente é o que possui menor massa.
- b) apesar do contato, suas temperaturas não variam.
- c) o mais quente fornece calor ao mais frio.
- d) o mais frio fornece calor ao mais quente
- e) suas temperaturas dependem de suas densidades

está contido na sala, logo o calor é que sai por ela.

- D) Calor não está contido num corpo, sendo uma forma de energia em trânsito de um corpo de maior temperatura para outro de menor temperatura.
- E) Calor está contido no corpo da pessoa, e não na roupa, sendo uma forma de temperatura em trânsito de um corpo mais quente para um corpo mais frio.

09- (ENEM) Num experimento, um professor deixa duas bandejas de mesma massa, uma de plástico e outra de alumínio, sobre a mesa do laboratório. Após algumas horas, ele pede aos alunos que avaliem a temperatura das duas bandejas, usando para isso o tato. Seus alunos afirmam, categoricamente, que a bandeja de alumínio se encontra numa temperatura mais baixa. Intrigado, ele propõe uma segunda atividade, em que coloca um cubo de gelo sobre cada uma das bandejas, que estão em equilíbrio térmico com o ambiente, e os questiona

em qual delas a taxa de derretimento do gelo será maior.

O aluno que responder corretamente ao questionamento do professor dirá que o derretimento ocorrerá

- A) Mais rapidamente na bandeja de alumínio, pois ela tem uma maior condutividade térmica que a de plástico.
- B) Mais rapidamente na bandeja de plástico, pois ela tem inicialmente uma temperatura mais alta que a de alumínio.
- C) Mais rapidamente na bandeja de plástico, pois ela tem uma maior capacidade térmica que a de alumínio.
- D) Mais rapidamente na bandeja de alumínio, pois ela tem um calor específico menor que a de plástico.
- E) Com a mesma rapidez nas duas bandejas, pois apresentarão a mesma variação de temperatura.

10- (ENEM) Considere a tirinha, na situação em que a temperatura do ambiente é inferior à temperatura corporal dos personagens.



O incômodo mencionado pelo personagem da tirinha deve-se ao fato de que, em dias úmidos,

- A) A temperatura do vapor-d'água presente no ar é alta.
- B) O suor apresenta maior dificuldade para evaporar do corpo.
- C) A taxa de absorção de radiação pelo corpo torna-se maior.
- D) O ar torna-se mau condutor e dificulta o processo de liberação de calor.
- E) O vapor-d'água presente no ar condensa-se ao entrar em contato com a pele.

11- (ENEM-Adaptada) Observe a tirinha abaixo e, em seguida, marque a alternativa correta e responda à pergunta discursiva:



Disponível em: <http://seguindocurso.wordpress.com>. Acesso em: 28 jul. 2010.

11.1 A tirinha faz referência a uma propriedade de uma grandeza Física, em que a função do jornal utilizado pelo homem é a de:

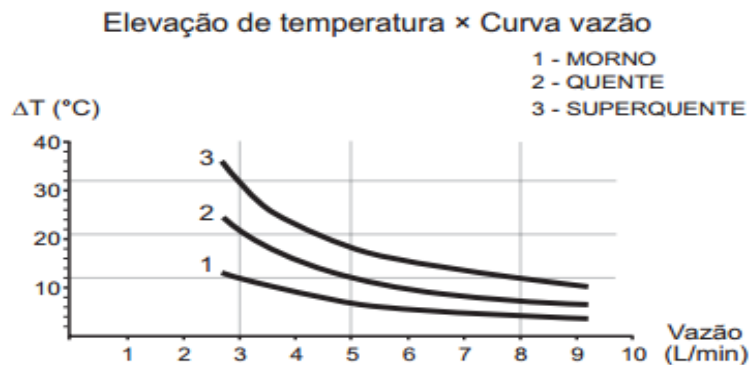
- A) Absorver a umidade que dissipa calor.
- B) Impedir que o frio do ambiente penetre.
- C) Manter o calor do homem concentrado.
- D) Restringir a perda de calor para o ambiente.

E) Bloquear o vento que sopra trazendo frio.

11.2 Na tirinha, existe um elemento físico importante para a sensação térmica de “quente” e “frio”. Que elemento é esse?

12- (ENEM- Adaptada) No manual fornecido pelo fabricante de uma ducha elétrica de 220V é apresentado um gráfico com a variação da temperatura da água em função da vazão para três condições (morno, quente e superquente). Na condição superquente, a potência dissipada é de 6500 W.

Considere o calor específico da água igual a 4200 J/(kg C) e a densidade da água igual a 1 kg/L.



Com base nas informações dadas, a potência na condição morno corresponde a que fração da potência na condição superquente?

*** Lembrar que Potência (P) de um sistema:

:

$$P = \frac{\text{Trabalho}}{\text{Tempo}}$$

- A) 1/3.
- B) 1/5.
- C) 3/5.
- D) 3/8.
- E) 5/8.

APÊNDICE C

TEXTO SOBRE A NATUREZA DO CALOR

Texto aplicado aos estudantes do 2º Ano, turma B, do Ensino Médio, do turno matutino, do Colégio Estadual Abdias Menezes (CEAM), localizado no município de Vitória da Conquista, estado da Bahia, como parte integrante da pesquisa de Mestrado realizada pelo discente Nelson Novais Júnior, sob orientação dos Professores Dr. Luizdarcy de Matos Castro e Dr. Jorge Anderson Paiva Ramos, ambos do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (MNPEF-UESB), intitulada **Uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa para o ensino de conceitos de termodinâmica sobre elementos da termorregulação dos seres vivos.**

No final do século XVIII, existiam duas hipóteses alternativas sobre a natureza do calor. A hipótese mais aceita considerava o calor como uma substância fluida indestrutível que “preencheria os poros” dos corpos e se escoaria de um corpo mais quente a um mais frio. Lavoisier chamou essa substância hipotética de “calórico”. A implicação era que o calor pode ser transferido de um corpo a outro, mas a quantidade total de “calórico” se conservaria, ou seja, existiria uma lei de conservação do calor.

A hipótese rival, endossada entre outros por Francis Bacon e Robert Hooke, foi assim expressa por Newton em 1704: “O calor consiste num minúsculo movimento de vibração das partículas dos corpos”. Idéias deste gênero podem ter sido sugeridas pela geração de calor por atrito, exemplificada pelo “método dos escoteiros” para acender uma fogueira, ou pelo aquecimento do ferro martelado numa bigorna.

A teoria do calórico explicava estes efeitos dizendo que o atrito, ou o martelo do ferreiro, “espremem” o calórico para fora do material, como água absorvida numa esponja. Um dos primeiros a apontar dificuldades com a teoria do calórico foi Benjamin Thomson, um aventureiro e inventor que se tornou Conde de Rumford, na Bavária (casou-se com a viúva de Lavoisier). [...] Entretanto, o calórico poderia ser um fluido imponderável, a exemplo do que se acreditava valer para a eletricidade. A principal dificuldade, porém, estava na “lei de conservação do calórico”, pois a quantidade de calórico que podia ser “espremida para fora” de um corpo por atrito era ilimitada. Com efeito, em 1798, Rumford escreveu:

“Foi por acaso que me vi levado a realizar os experimentos que vou relatar agora... Estando ocupado, ultimamente, em supervisionar a perfuração de canhões nas oficinas do arsenal militar de Munique, chamou-me a atenção o elevado grau de aquecimento de um canhão de bronze, atingido em tempos muito curtos, durante o processo de perfuração;

bem como a temperatura ainda mais alta (acima do ponto de ebulição da água, conforme verifiquei) das aparas metálicas removidas pela perfuração. Meditando sobre os resultados dessas experiências, somos naturalmente levados à grande questão que tem sido objeto de tantas especulações filosóficas, ou seja: Que é o calor? Existe um fluido ígneo? Existe alguma coisa que possamos chamar de calórico? [...] É desnecessário acrescentar que algo que qualquer corpo ou sistema de corpos isolado pode continuar fornecendo sem limites, não pode ser uma substância material, e me parece extremamente difícil, senão impossível, conceber qualquer coisa capaz de ser produzida ou transmitida da forma como o calor o era nessas experiências, exceto o MOVIMENTO.”

Rumford foi assim levado a endossar a teoria alternativa de que "... o calor não passa de um movimento vibratório que tem lugar entre as partículas do corpo". [...] Aparentemente, ele foi levado, a refletir sobre o problema quando, como médico de bordo durante uma viagem aos trópicos, observou, sangrando pacientes, que o sangue venoso parecia ser mais vermelho nessas regiões quentes do que nos climas frios da Europa, o que o levou a especular que o corpo não precisa gerar tanto calor pela queima de alimentos (visão do metabolismo devida a Lavoisier). Assim, em 1842, Mayer chegou ao primeiro enunciado geral do Princípio de Conservação da Energia:

“As energias são entidades conversíveis, mas indestrutíveis ... Em inúmeros casos, vemos que um movimento cessa sem ter produzido quer outro movimento” (energia cinética) “quer o levantamento de um peso” (energia potencial), “mas a energia, uma vez que existe, não pode ser aniquilada; pode somente mudar de forma, e daí surge a questão: Que outras formas pode ela assumir? Somente a experiência pode levar-nos a uma conclusão”. A experiência mostra que o trabalho pode (por exemplo por meio do atrito) ser convertido em calor. Logo, diz Mayer, “Se energia cinética e potencial são equivalentes a calor, é natural que calor seja equivalente a energia cinética e potencial”. Ou seja, o calor é uma forma de energia.

Fonte: Nussenzveig, H. M. **Curso de Física Básica 2.** 5ª Edição, revista e ampliada. São Paulo: Editora Blucher, 2014.

APÊNDICE D

ESTRATÉGIAS DE CONTROLE DE TEMPERATURA

Texto aplicado aos estudantes do 2º Ano, turma B, do Ensino Médio, do turno matutino, do Colégio Estadual Abdias Menezes (CEAM), localizado no município de Vitória da Conquista, estado da Bahia, como parte integrante da pesquisa de Mestrado realizada pelo discente Nelson Novais Júnior, sob orientação dos Professores Dr. Luizdarcy de Matos Castro e Dr. Jorge Anderson Paiva Ramos, ambos do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (MNPEF-UESB), intitulada **Uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa para o ensino de conceitos de termodinâmica sobre elementos da termorregulação dos seres vivos.**

COMO O COMPORTAMENTO, A ANATOMIA E A FISIOLOGIA AJUDAM OS ANIMAIS NO CONTROLE DA TEMPERATURA CORPORAL

Principais pontos

- Muitos animais regulam sua temperatura corporal através do comportamento, como buscar sol ou sombra ou aconchegando-se para receber calor.
- Animais **endotérmicos** podem alterar a produção de calor metabólico para manter a temperatura corporal usando tanto a termogênese com tremor, quanto a sem tremor.
- A **vasoconstrição** — contração — e a **vasodilatação** — expansão dos vasos sanguíneos da pele podem alterar a troca de calor de um organismo com o ambiente.
- Uma **troca de calor contracorrente** é uma disposição dos vasos sanguíneos no qual o calor flui do sangue mais aquecido para o mais resfriado, geralmente reduzindo a perda de calor.
- Alguns animais usam isolamento corporal e mecanismos evaporativos, como o suor e o arquejo, na regulação da temperatura corporal.

Introdução

Por que os lagartos tomam banho de sol? Por que as lebres tem orelhas enormes? Por que os cães ficam ofegantes quando está muito quentes? Os animais tem maneiras diferentes de regular a temperatura do corpo! Essas estratégias **termorreguladoras** permitem que eles vivam em ambientes diferentes, incluindo alguns bastante extremos.

Vamos estudar mais de perto algumas estratégias comportamentais, processos fisiológicos e características anatômicas que ajudam os animais a regular a temperatura corporal.

Mecanismos da termorregulação

Os animais podem ser divididos em endotérmicos e ectotérmicos com base na regulação de sua temperatura.

- Animais **endotérmicos**, como aves e mamíferos, usam o calor metabólico para manter a temperatura corporal estável, que é frequentemente diferente da temperatura ambiente.

- Animais **ectotérmicos**, como lagartos e cobras, não usam o calor metabólico para manter a temperatura corporal, mas se mantêm na temperatura ambiente.

Ambos animais endotérmicos e ectotérmicos possuem **adaptações** — características que surgiram pela seleção natural — que ajudam a manter uma temperatura corporal saudável. Essas adaptações podem ser comportamentais, anatômicas ou fisiológicas. Algumas aumentam a produção de calor quando está frio — no caso dos endotérmicos. Outros, tanto endotérmicos quanto ectotérmicos, aumentam ou diminuem a troca de calor com o ambiente.

Neste artigo vamos estudar três grandes categorias de mecanismos termorreguladores:

- Alterações comportamentais
- Aumento da produção metabólica de calor
- Controle da troca de calor com o ambiente

Estratégias comportamentais

Como *você regula sua temperatura corporal usando seu comportamento? Em um dia quente, você pode nadar, beber água gelada ou sentar-se à sombra. Em um dia frio, você coloca um casaco, senta-se em um canto mais quente ou come uma tigela de sopa quentinha.*

Animais não humanos têm tipos semelhantes de comportamentos. Por exemplo, os elefantes borrifam água em si mesmos para se refrescarem em um dia quente e muitos animais procuram por sombras quando sua temperatura está elevada. Por outro lado, lagartos geralmente se esticam em rochas quentes para se aquecerem, e os pinguins ficam juntinhos para reter calor.

Alguns animais ectotérmicos são tão bons em usar estratégias comportamentais para regular a temperatura, que eles conseguem mantê-la numa faixa estável, mesmo sem o calor produzido pelo metabolismo.

Aumentando a produção de calor - termogênese

Os endotérmicos têm vários meios de aumentar a produção de calor metabólico, ou **termogênese**, em resposta ao ambiente frio.

Uma maneira de produzir calor metabólico é através da contração muscular — por exemplo, você treme incontrolavelmente quando está com muito frio. Tanto os movimentos deliberados — como esfregar as mãos ou dar uma caminhada — quanto o tremor, aumentam a atividade muscular e aceleram a produção de calor.

A **termogênese sem tremor** fornece outro mecanismo para a produção de calor. Esse mecanismo depende de tecido adiposo especializado, conhecido como **gordura marrom**, ou tecido adiposo marrom. Alguns mamíferos, especialmente os hibernadores e os filhotes têm muita gordura marrom. A gordura marrom contém muitas mitocôndrias com proteínas especiais que as deixam liberar energia de moléculas combustíveis, diretamente como calor, ao invés de canalizá-la para a formação do transportador de energia ATP.

Para saber mais como a energia é liberada em forma de calor nas células adiposas marrons, verifique a seção sobre proteínas de desacoplamento no artigo de oxidação fosforilativa.

Controlando perda e ganho de calor

Os animais também possuem estruturas corporais e respostas fisiológicas que controlam o quanto de calor eles irão trocar com o ambiente:

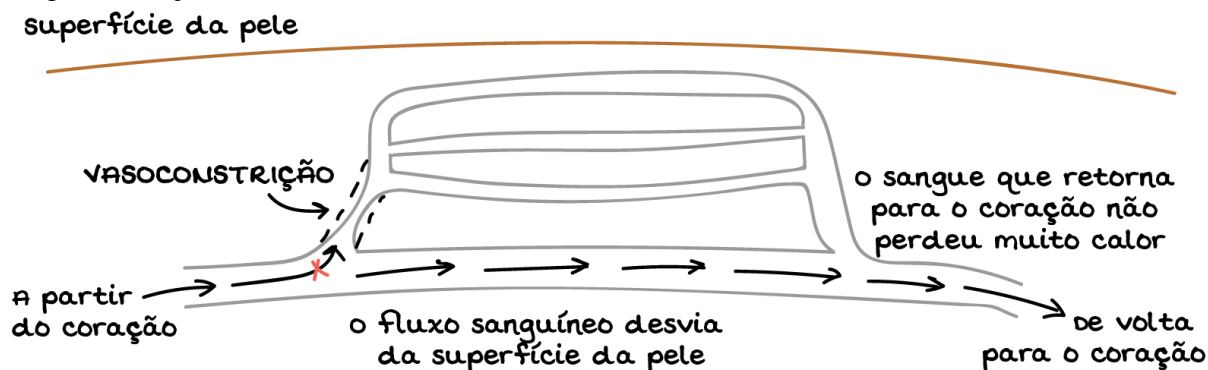
- Mecanismos do sistema circulatório, como alterar o padrão do fluxo sanguíneo
- Isolamento, como pelos, gordura ou penas
- Mecanismos de evaporação, como ofegar e suar

Mecanismos circulatórios

A superfície corporal é o principal local de troca de calor com o meio ambiente. Controlar o fluxo de sangue da pele é uma forma importante de controlar a taxa de perda - ou de ganho - de calor para os arredores.

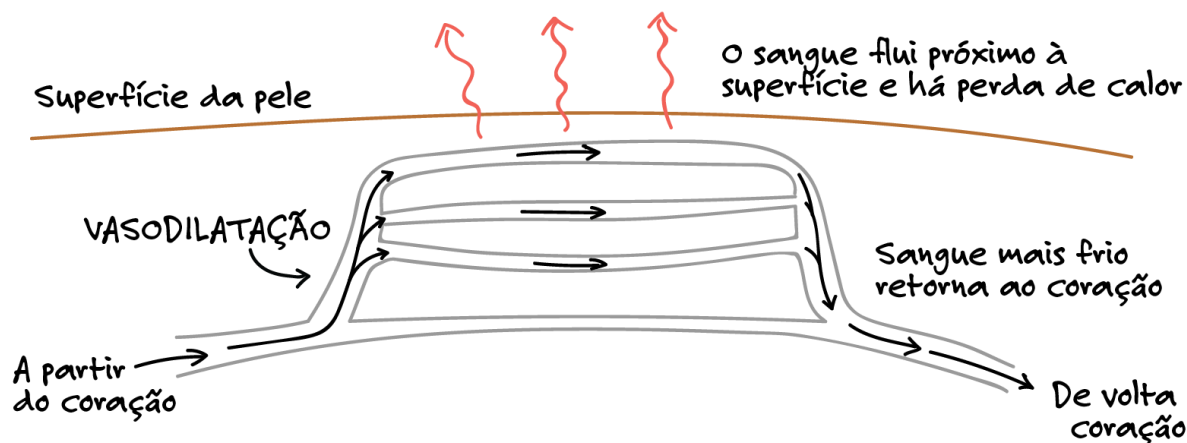
Vasoconstrição e vasodilatação

Em animais endotérmicos, o sangue quente do centro do corpo geralmente perde calor para o ambiente quando flui próximo à pele. A diminuição do diâmetro dos vasos sanguíneos que suprem a pele, um processo chamado de **vasoconstrição**, reduz o fluxo sanguíneo e ajuda a reter calor.



Uma rede de capilares próximos à superfície da pele é alimentada por um vaso sanguíneo que pode ser vasoconstrito - estreitado - ou vasodilatado - expandido - para controlar o fluxo de sangue através dos capilares. Quando está frio, o vaso sanguíneo é vasoconstrito, e o sangue vindo do coração não entra na rede capilar, ao contrário, percorre um vaso sanguíneo alternativo "um desvio" que permite que ele evite a superfície da pele. Assim, o sangue que retorna ao coração não perde muito calor.

Por outro lado, quando um animal endotérmico precisa perder calor — por exemplo, depois de correr intensamente para fugir de um predador — esses vasos sanguíneos expandem, ou dilatam. Esse processo é chamado de **vasodilatação**. A vasodilatação aumenta o fluxo sanguíneo para a pele e ajuda o animal a perder parte do calor excedente do corpo para o ambiente.



Uma rede de capilares próxima à superfície da pele é alimentada por um vaso sanguíneo que pode ser vasoconstrito - estreitado - ou vasodilatado - expandido - para controlar o fluxo sanguíneo através dos capilares. Quando está quente, este vaso sanguíneo é vasodilatado e o sangue vindo do coração entra na rede de capilares, ao invés de entrar em um vaso sanguíneo alternativo "desvio" que o deixaria evitar a superfície da pele. À medida que passa próximo à pele, o sangue perde calor para o ambiente mais fresco e estará resfriado quando deixar a rede de capilares e voltar para o coração.

Mamíferos peludos geralmente possuem uma rede de vasos sanguíneos especial para a troca de calor localizado em áreas sem pelos. Por exemplo, lebres tem orelhas bastante longas com muitos vasos sanguíneos que permite perder calor rapidamente. Essa adaptação ajuda-os a sobreviver no deserto quente.

Alguns ectotérmicos também regulam o fluxo sanguíneo para a pele como uma maneira de conservar calor. Por exemplo, iguanas reduzem o fluxo sanguíneo para a pele quando nadam em águas geladas para ajudar a manter o calor que absorveram quando estiveram na terra.

Troca de calor contracorrente

Muitas aves e mamíferos apresentam **trocas de calor contracorrente**, que são adaptações do sistema circulatório que permitem que o calor seja transferido dos vasos sanguíneos contendo sangue mais quente para aqueles contendo sangue mais frio. Para entender como isso funciona, vamos ver um exemplo.

Na perna de uma ave pernaltas, a artéria que percorre a perna carrega sangue aquecido do corpo. A artéria é posicionada bem ao lado de uma veia que carrega sangue frio que vem do pé. O sangue quente descendente passa muito do seu calor para o sangue frio ascendente, por condução. Isso significa que menos calor será perdido no pé devido à redução na diferença de temperatura entre o sangue mais frio e os seus arredores e que o sangue que retorna à área central do corpo esteja relativamente aquecido, prevenindo o centro do corpo de esfriar.

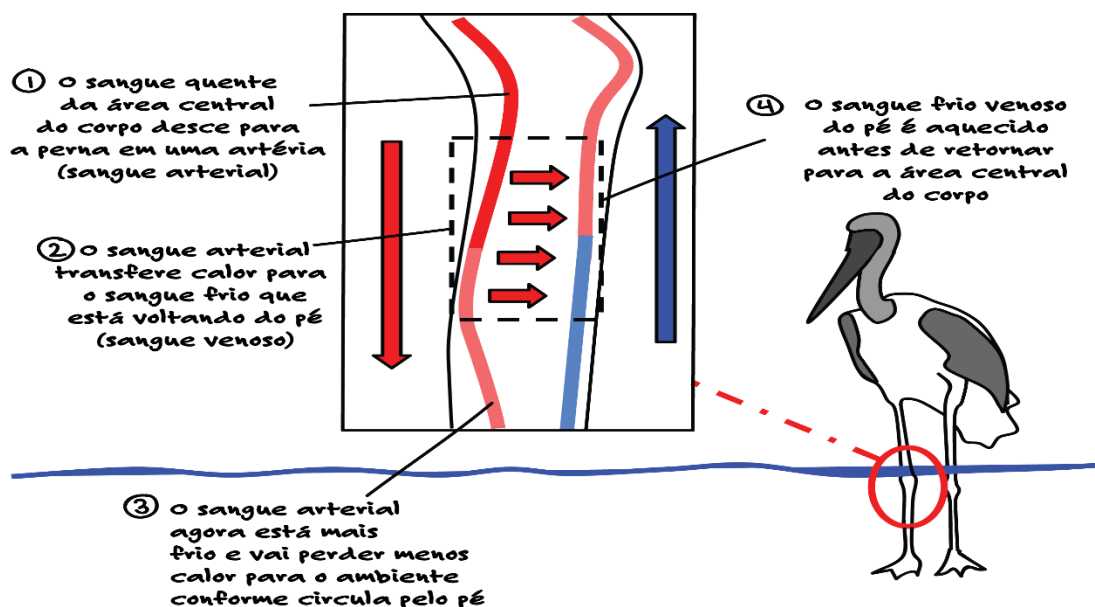


Diagrama de disposição de vaso sanguíneo na perna de uma ave limícola.

1. Sangue arterial quente do centro do corpo desce a perna por uma artéria.
2. O sangue arterial transfere calor para o sangue venoso frio que volta do pé.
3. O sangue arterial está agora mais frio e perderá menos calor para o ambiente à medida que for para o pé.
4. O sangue venoso frio, subindo do pé, é aquecido antes que retorne para o centro do corpo.

Isolamento

Outra maneira de minimizar a perda de calor para o ambiente é através do **isolamento**. As aves usam penas e a maioria dos mamíferos usam cabelos ou pelos, para manter uma camada de ar perto da pele e reduzir a transferência de calor para o meio ambiente. Mamíferos marinhos como as baleias usam a banha, uma grossa camada de gordura, como uma forma eficiente de isolamento.

Em climas frios, as aves "afofam" suas penas e os mamíferos seus pelos, para aumentar a camada de isolamento. O mesmo acontece com as pessoas — arrepios — que não são tão eficientes devido ao pouco pelo que temos. Por isso, a maioria de nós coloca uma blusa!

Mecanismos evaporativos

Animais terrestres geralmente perdem água pela pele, boca e nariz pela evaporação para o ar. A evaporação remove calor e atua como mecanismo de resfriamento.

Por exemplo, muitos mamíferos podem ativar mecanismos como suor, ou ficar ofegante, para aumentar o resfriamento do corpo pela evaporação em resposta à altas temperaturas corpóreas.

- Durante a transpiração, as glândulas da pele secretam água contendo vários íons - os "eletrólitos", que reabastecemos com bebidas esportivas. Apenas os mamíferos suam.

- Quando ofegante, um animal respira rápido e superficialmente com a boca aberta para aumentar a evaporação das superfícies da boca. Ambos os mamíferos e as aves ofegam, ou pelo menos usam estratégias de respiração semelhantes para esfriar.

Em algumas espécies, como os cachorros, o resfriamento evaporativo através do ofegar, combinado com a troca de calor contracorrente, auxiliam a evitar o superaquecimento do cérebro!

***Compilado a partir de *Khan Academy*:< <https://pt.khanacademy.org/science/ap-biology/ecology-ap/energy-flow-through-ecosystems/a/animal-temperature-regulation-strategies#:~:text=Principais%20pontos,tremor%2C%20quanto%20a%20sem%20tremor>>.**

**** Todas as ilustrações: crédito *Khan Academy*.**

APÊNDICE E**QUESTIONÁRIO SOBRE EXPERIÊNCIA LÚDICA NA TERMODINÂMICA*****“TERMOSCÓPIO DE GALILEU”***

Questionário aplicado aos estudantes do 2º Ano, turma B, do Ensino Médio, do turno matutino, do Colégio Estadual Abdias Menezes (CEAM), localizado no município de Vitória da Conquista, estado da Bahia, como parte integrante da pesquisa de Mestrado realizada pelo discente Nelson Novais Júnior, sob orientação dos Professores Dr. Luizdarcy de Matos Castro e Dr. Jorge Anderson Paiva Ramos, ambos do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (MNPEF-UESB), intitulada **Uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa para o ensino de conceitos de termodinâmica sobre elementos da termorregulação dos seres vivos.**

NOME COMPLETO:

1- Em relação à postura do professor durante a demonstração no laboratório:

A () Foi diferente da aula habitual, possibilitou a participação dos alunos através de perguntas e comentários.

B () Foi diferente da aula habitual, mas a mudança não propiciou a participação positiva dos estudantes por meio de perguntas e comentários.

C () Foi a mesma postura que o professor utiliza em outras aulas sem o uso de equipamentos

D () Não modificou positivamente a percepção que se tem do conteúdo de Física.

2- Algum questionamento/comentário de outro estudante lhe ajudou a entender o conteúdo?

A () Sim

B () Não

3- Algum questionamento/comentário do professor lhe ajudou a entender o conteúdo?

A () Sim

B () Não

4- O conteúdo trabalho pela demonstração já havia sido lecionado a você?

A () Sim _____ Eu estava na _____ série.

B () Não

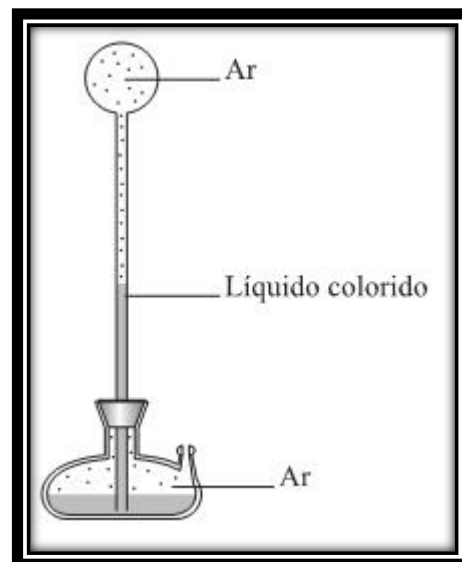
5- Avalie a qualidade do experimento pelos critérios propostos abaixo:

Critério	Ruim	Regular	Bom	Ótimo
Interação professor-aluno				
Qualidade do equipamento				
Interação entre alunos na aula				
Interesse que aula despertou em você				
Interesse da sala pela apresentação				

6- Quais aspectos você considera importante no experimento?

7- Na figura abaixo encontra-se o dispositivo conhecido como *Termoscópio de Galileu* (inventado pelo cientista italiano Galilei Galileu por volta de 1592). Enumere 3 motivos da importância desse instrumento para a evolução da Termodinâmica.

- A) _____
B) _____
C) _____



Fonte: MNPEF, UFRGS, 2022.

8- O que você gostaria de sugerir para outras aulas experimentais (demonstrativas)?

9- Para você, qual foi o principal motivo da aula experimental (demonstrativa)?

OBRIGADO!!!

APÊNDICE F

Atividade 2

Questionário aplicado aos estudantes do 2º Ano, turma B, do Ensino Médio, do turno matutino, do Colégio Estadual Abdias Menezes (CEAM), localizado no município de Vitória da Conquista, estado da Bahia, como parte integrante da pesquisa de Mestrado realizada pelo discente Nelson Novais Júnior, sob orientação dos Professores Dr. Luizdarcy de Matos Castro e Dr. Jorge Anderson Paiva Ramos, ambos do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (MNPEF-UESB), intitulada **Uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa para o ensino de conceitos de termodinâmica sobre elementos da termorregulação dos seres vivos.**

Nome Completo: _____

Instruções:

- 1) Responda as questões abaixo de forma clara e objetiva.
- 2) Não rasure suas respostas.
- 3) Cada Questão possui seu descritor junto à BNCC.
- 4) O crédito de TODAS as imagem são do artigo “Estratégias de Controle de Temperatura” da *Khan Academy*.

Bom trabalho!!!

1- A figura abaixo mostra o fluxo sanguíneo que ocorre um ser vivo. Sua trajetória demonstra que “...em animais endotérmicos, o sangue quente do centro do corpo geralmente perde calor para o ambiente quando flui próximo à pele”. **Descritor:** **BNCC.EM Ciências: EM13CNT207, EM13CNT306**

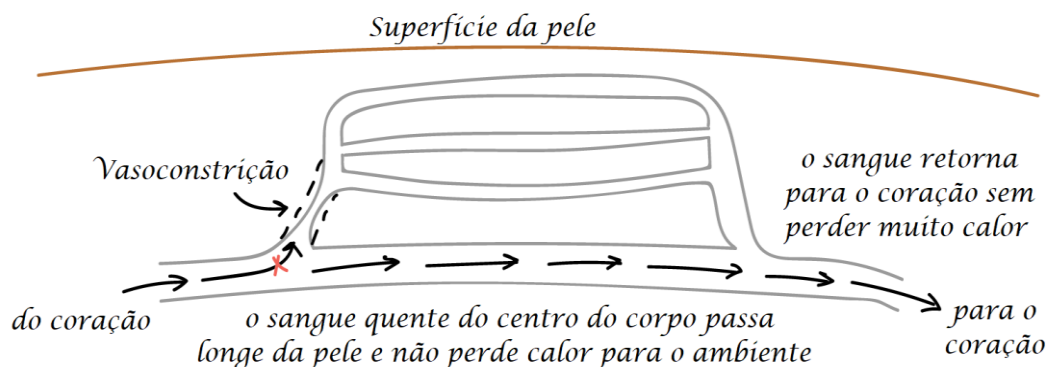


Figura 01: Calor e temperatura nos seres vivos. Tradução livre de CASTRO, L.M., 2022.

Explique essa fisiologia com base nos seus conhecimentos sobre temperatura e calor.

2- A figura abaixo mostra o fluxo sanguíneo que ocorre em um ser vivo. Sua trajetória demonstra que “quando um animal endotérmico precisa perder calor — por exemplo, depois de correr intensamente para fugir de um predador — esses vasos sanguíneos expandem,”. Essa expansão corresponde a um processo físico importante para a termorregulação dos seres vivos. **Descritor:** BNCC.EM Ciências: EM13CNT207, EM13CNT306

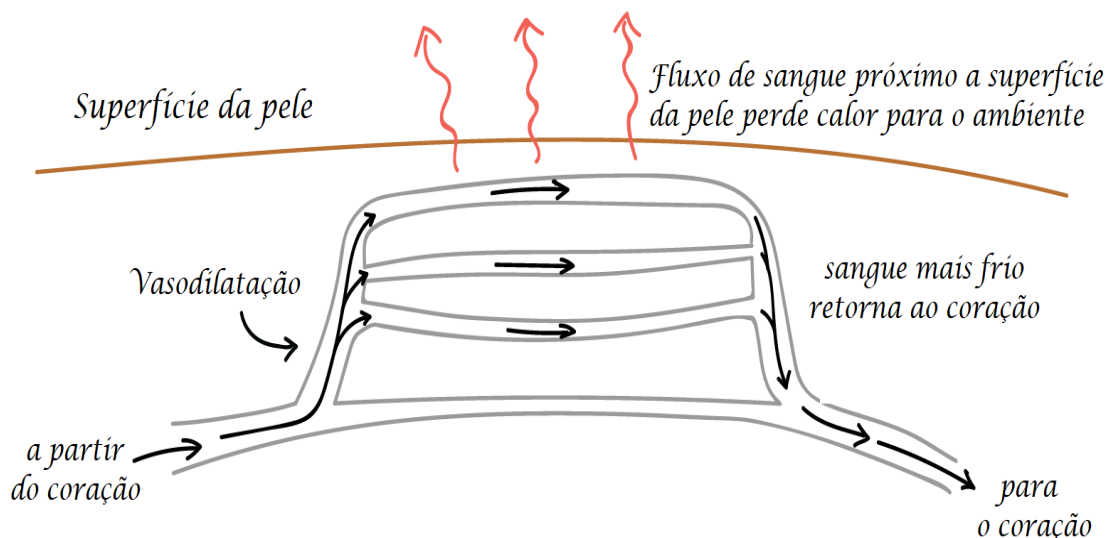


Figura 02: Calor e temperatura nos seres vivos. Tradução livre de CASTRO, L.M., 2022.

Você poderia responder que processo é esse e por que ele ocorre?

3- Diversos seres vivos apresentam estruturas anatômicas que são adaptações voltadas para a circulação que permitem trocar sangue quente por sangue frio nos vasos sanguíneos. A fisiologia envolvida no processo de troca de calor contracorrente é ilustrada conforme a **Figura 03** abaixo. **Descritor:** BNCC.EM

Ciências: EM13CNT207, EM13CNT306

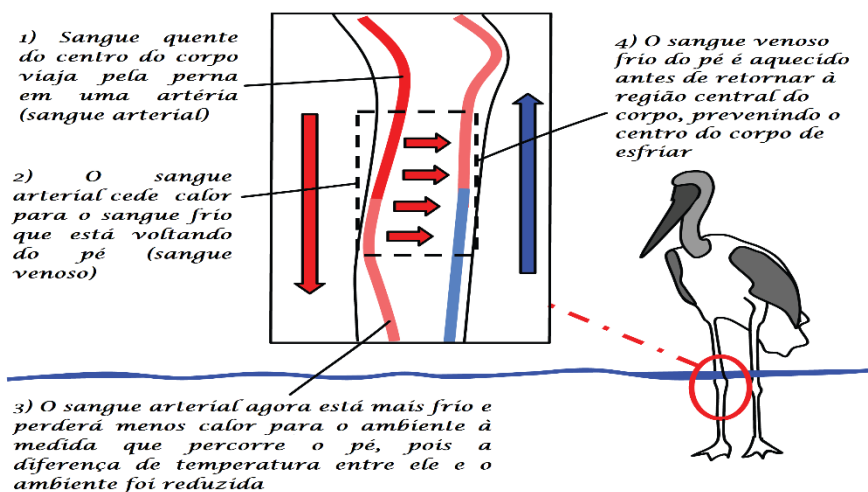


Figura 03: Calor e temperatura nos seres vivos. Tradução livre de CASTRO, L.M., 2022.

Qual a importância da termorregulação e do fluxo de calor nesse sistema biológico?

4- Muitos animais regulam sua temperatura corporal através do comportamento, como buscar sol ou sombra ou aconchegando-se para receber calor. Qual afirmação melhor descreve a termorregulação? **Descritor:** BNCC.EM

Ciências: EM13CNT207, EM13CNT306

- A) Manutenção da temperatura corporal
- B) Regulação de fluidos
- C) Equilíbrio do açúcar no sangue
- D) Controle dos níveis de oxigênio e dióxido de carbono

E) Nenhuma Resposta Anterior (NRA)

5- Qual dos seguintes **NÃO** é um método usado pelos endotérmicos para esquentar o corpo em temperaturas baixas? **Descritor: BNCC.EM Ciências: EM13CNT207, EM13CNT306**

- A) Termogênese não-transmissora
- B) Vasoconstrição
- C) Tremor
- D) Ofegar
- E) Movimentar

6- Qual a resposta provável de um ser ectodérmico se a temperatura ambiental aumentar 10°C? **Descritor: BNCC.EM Ciências: EM13CNT207, EM13CNT306**

- A) Irá se realocar para uma área mais fria e sombreada
- B) Vai começar a tremer
- C) Ele vai começar a suar
- D) Ele vai experimentar uma vasodilatação
- E) Ele vai desenvolver uma maior absorção de água

7- Qual das seguintes adaptações produziria um aumento na temperatura corporal de um ser ectodérmico? **Descritor: BNCC.EM Ciências: EM13CNT207, EM13CNT306.**

Escolha 2 respostas.

- A) Aquecer-se numa pedra
- B) Metabolismo de gordura marrom
- C) Aconchegar
- D) Procurar sombra
- E) Diminuir seu metabolismo
- F) Aumentar a sudorese
- G) Alimentar-se de proteínas

8- Observe a tirinha abaixo. Com base no seu conhecimento atual sobre Termodinâmica, elabore comentários sobre o conteúdo nela contido: **Descritor: BNCC.EM Ciências: EM13CNT207, EM13CNT306**



Fonte: <https://sites.google.com/site/fisicaprofjanieal/tirinhas/calor>. Acesso em 13/07/2022.

**MUITO
OBRIGADO!**



UESB
UNIVERSIDADE ESTADUAL
DO SUDOESTE DA BAHIA



SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS - DCET
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
POLO 62

Nelson Novais Júnior

PRODUTO EDUCACIONAL

**UMA UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA PARA O
ENSINO DE CONCEITOS DE TERMODINÂMICA SOBRE ELEMENTOS DA
TERMORREGULAÇÃO DOS SERES VIVOS**

VITÓRIA DA CONQUISTA – BAHIA
2023

PRODUTO EDUCACIONAL

UMA UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA PARA O ENSINO DE CONCEITOS DE TERMODINÂMICA SOBRE ELEMENTOS DA TERMORREGULAÇÃO DOS SERES VIVOS

Produto Educacional desenvolvido na forma de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa – UEPS como parte das exigências do Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física- MNPEF Polo 62 - UESB para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Orientador: Prof. Dr. Luizdarcy Matos Castro
Coorientador: Prof. Dr. Jorge Anderson Paiva Ramos

VITÓRIA DA CONQUISTA – BAHIA
2023

AGRADECIMENTOS

A **Deus** pelo Dom da Vida.

À **minha família** pelo incentivo e pelo apoio ao longo do curso.

Aos **Professores** do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), Polo 62, por todo profissionalismo e empenho durante as aulas em contexto de pandemia de COVID-19.

Aos meus orientadores **Prof. Dr. Luizdarcy de Matos Castro** e **Prof. Dr. Jorge Anderson Paiva Ramos**, exemplos de profissionalismo e de dedicação à educação.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES)** – Código de Financiamento 001.

À **Sociedade Brasileira de Física** pelo trabalho realizado junto ao Polo 62-UESB.

Aos **colegas do MNPEF** pela companhia e aprendizado.

Aos **estudantes** que participaram deste trabalho.

Ao **Colégio Estadual Abdias Menezes (CEAM)** que permitiu a implementação deste trabalho.

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO.....	5
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	6
3. CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.....	10
3.1 Público-alvo.....	10
3.2 Desenvolvimento da sequência didática.....	10
3.3 Organização da sequência didática.....	10
3.4 Cronograma da sequência didática (UEPS).....	12
4. RESULTADOS.....	15
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	15
APÊNDICES.....	16

1. APRESENTAÇÃO

O presente produto educacional cristaliza um produto educacional desenvolvido segundo uma sequência didática modulada pelo arcabouço teórico-metodológico da Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), inclusive na vertente crítica. O produto educacional foi construído em uma turma do 2º Ano do Ensino Médio regular com carga horária de 2 aulas semanais de Física, no turno matutino.

Dentro do amplo espectro de ação pedagógica de uma UEPS, o produto educacional possibilita a ancoragem do conteúdo a ser trabalhado desde que as premissas dos subsunçores esteja solidamente estabelecidas.

Para esse fim, a criação de situações-problema neste produto permite que a evolução progressiva da UEPS possa contribuir para os objetivos específicos previamente estabelecidos. O processo de construção de material potencialmente significativo e a coleta de evidências de aprendizagem significativa são realizadas em todas as etapas do processo.

O material potencialmente significativo como textos, vídeos, experimentos lúdicos, questionários, jogos colaborativos, etc., são instrumentos para a consecução de um fim. Devem, portanto, comunicar-se com as outras fases e com a turma específica no qual está sendo construída.

Esse tipo de ação permite que o produto educacional não seja algo estanque, mas ofereça dinamismo e organicidade com a turma em questão. Essa flexibilidade de ação pedagógica concede ao professor a perspicácia de identificar a construção da Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) segundo a organicidade da turma no qual esteja construindo a sequência didática.

Este produto permite sua aplicação em um tempo de 14 aulas de 50 minutos cada e se pautou por todas as etapas propostas pelo Professor Dr. Marco Antônio Moreira para uma sequência didática com esta orientação pedagógica.

Compreendemos que os estudantes aprendem um conteúdo quando veem nele algum significado em sua história passada ou presente. A Unidade de Ensino Potencialmente Significativa apresentada tem como objetivo promover uma aprendizagem significativa crítica a partir da construção do conhecimento físico de situações cotidianas e contextualizadas, experimentos e atividades individuais e coletivas para despertar o interesse, no jovem, pela Física.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

No contexto do atual nível de desenvolvimento social e econômico na aurora do século XXI os problemas de aprendizagem dos estudantes de nível fundamental e médio na seara das Ciências constituem um conjunto de obstáculos que requer uma abordagem multifatorial e multisetorial.

Uma sequência didática tem como objetivo primordial a aprendizagem de conceitos e conteúdos sobre determinada temática científica. A metodologia de implementação e construção dessa sequência didática assume, então, um valor basilar para o sucesso ou não do processo de ensino.

Com base nessa perspectiva, a Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) fora proposta de tal forma que sua abrangência de escala e sua diversidade de escopo pudesse otimizar a aprendizagem de uma sequência didática tendo em perspectiva a diversidade de estudantes que está na escola pública. Assim, o objetivo principal de uma UEPS é tornar a sequência didática validada para o estudante dentro de uma aprendizagem significativa.

Diversos teóricos brasileiros (MOREIRA, M. A. BUCKWEITZ, 1982; MASSINI & MOREIRA, 2017) apontam a importância da programação/planejamento de ensino e dos mapas mentais (ou conceituais como preferem outros estudiosos) como instrumentos educacionais, inclusive no ensino de Física.

Esse destaque ocorre (CARUSO RONCA, p.91-95, 1994) por causa dos princípios da diferenciação progressiva e reconciliação integrativa que permite uma aprendizagem significativa e não mecanicista. Dois fatores se destacam no processo organicista de Ausubel:

(1) uso de conceitos que possuem maior poder de extensão;

(2) metodologia pautada na ordem e clareza da estrutura cognitiva. A organização dos conceitos, via subordinação, na aprendizagem significativa se ilustra pela diferenciação de generalidades sobre conceitos. Para Ausubel, a estrutura cognitiva já existente é o desafio a ser interpretado pelo professor em sua atividade pedagógica na medida em que as propriedades organizacionais do aluno em dado momento influenciarão sua aprendizagem. Essa hierarquia de conceitos e sua ação dinâmica organicista no cognitivo do estudante (CARUSO RONCA, 1994, p.91-93)

O princípio da reconciliação integrativa e a construção de mapas mentais permite ao professor explicitar as semelhanças e diferenças nos conceitos. Nesse mesmo sentido, apontam os teóricos (MOREIRA, M. A. BUCKWEITZ, 1982; MASSINI e MOREIRA, 2017) que os conceitos com maior poder de extensão pode ser um referencial para seleção de conteúdos assim como o tratamento de temas contemporâneos da ciência na escola.

A percepção dos subsunçores dos alunos pelo professor (HOWE, 1972) funciona como ponte de comunicação entre unidades de ensino onde o planejamento educacional ganha nova importância. A teoria fica assentada, então, em três pilares: a realidade local, a estrutura cognitiva do aluno e a identificação dos conceitos amplos e fundamentais das diversas área de ensino.

De forma geral, uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (MOREIRA, 2011; FERREIRA et al., 2020; FILHO & FERREIRA, 2022) apresenta as seguintes fases sequenciais:

1º) Definir o tema específico a ser estudado pondo de relevo as características mais proeminentes e procedimentais do mesmo. No caso em tela, acerca do ensino de interdisciplinar de Termofísica da Difusão Enzimática.

2º) Propor ou criar situação na qual o estudante possa manifestar o conhecimento que possui sobre o tem elencado na etapa anterior.

3º) Estabelecer ou colocar situações-problema baseadas no conhecimento prévio manifestado pelos estudantes, por meio dos instrumentos disponibilizados pelo professor, em um nível que permita introduzir o conteúdo (declarativo ou procedimental) que se pretende ensinar.

4º) Após as situações iniciais anteriormente descritas, apresentar ao estudante o conhecimento ensinado/aprendido considerando a diferenciação progressiva partindo do aspecto mais amplo do tema para, logo em seguida, abordar aspectos mais específicos do mesmo.

5º) Retomar os aspectos mais proeminentes do tem a ser ensinado de forma a estruturá-lo em um novo formato (exposição oral, recurso computacional, um texto histórico) porém com um maior nível de complexidade em relação ao conteúdo anterior. Novas situações-problemas e novas explicações devem acompanhar-se de elevações no citado nível de complexidade.

6º) Continuar com a diferenciação progressiva retomando os aspectos mais proeminentes e relevantes do conteúdo em trabalho na sequência didática com o fito de buscar uma sinergia integradora ou reconciliação integrativa por meio, dentre outros, de

uma nova exposição de significados, leitura e discussão de textos, simulação computacional, audiovisual, cordel, encenação teatral, seminário, experimento, etc, na qual a estratégia processual de trabalho do conteúdo vale mais do que a forma.

7º) A avaliação da UEPS ocorre de forma somativa ao longo de todo o processo de construção da mesma.

8º) A constatação do êxito da UEPS será dada pela avaliação de desempenho de um campo conceitual de forma progressiva dos estudantes com especial atenção para a aprendizagem significativa (captação de significado, compreensão, interpretação, capacidade de explicar, capacidade de resolver situações-problema) e não junto à comportamentos finais.

A Teoria de Aprendizagem Significativa Crítica do professor Doutor Marco Antônio Moreira busca estabelecer e desenvolver nos estudantes uma capacidade para que talo aprendizagem sirva de elemento transformar não apenas no cognitivo, mas acima de tudo, na capacidade de ação transformadora do meio social no qual tais estudantes estão inseridos. É um cabedal de conhecimentos que, quando demandados em distintos momentos da vida, emerge de forma precisa, orgânica e objetiva sobre os fenômenos naturais (STUDART *apud* FERREIRA et. al., 2020).

Este trabalho de aplicação da UEPS foi avaliado segundo uma perspectiva qualitativa e centrada nos aspectos de aprendizagem defendida pelas Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) no seno da Teoria Crítica (MOREIRA, 2005). A complementariedade de perspectiva refina e aprimora os resultados obtidos (LUDKE & ANDRÉ, 1986).

A aprendizagem passa a ser crítica ou subversiva quando (MOREIRA, 2005, p. 07):

Analogamente aos princípios programáticos de Ausubel para facilitar a aprendizagem significativa, serão aqui propostos alguns princípios, ideias ou estratégias facilitadoras da aprendizagem significativa crítica, tendo como referência as propostas de Postman e Weingartner porém de maneira bem menos radical e bem mais viável. Tudo que será proposto a seguir me parece viável de ser implementado em sala de aula e, ao mesmo tempo, crítico (subversivo) em relação ao que normalmente nela ocorre (MOREIRA, 2005, p. 07).

Continuando na análise acerca de novos paradigmas que possam tornar a aprendizagem mais significativa, eficiente, com autoeficácia para o estudante a literatura

científica de ensino de Física (MOREIRA, 2009; ALMEIDA, 2009), pois criticar determinado conhecimento físico é necessário assinalar os princípios norteadores ou balizadores do mesmo, a saber:

1. **Princípio do conhecimento prévio. Aprendemos a partir do que já sabemos.**
2. **Princípio da interação social e do questionamento. Ensinar/aprender perguntas ao invés de respostas.**
3. **Princípio da não centralidade do livro de texto. Do uso de documentos, artigos e outros materiais educativos. Da diversidade de materiais instrucionais.**
4. **Princípio do aprendiz como preceptor/representador.**
5. **Princípio do conhecimento como linguagem.**
6. **Princípio da consciência semântica.**
7. **Princípio da aprendizagem pelo erro.**
8. **Princípio da desaprendizagem.**
9. **Princípio da incerteza do conhecimento.**
10. **Princípio da não utilização do quadro-de-giz. Da participação ativa do aluno. Da diversidade de estratégias de ensino.**
11. **Princípio do abandono da narrativa. De deixar o aluno falar.**

Dessa forma, a Teoria Crítica da Aprendizagem Significativa é um espaço privilegiado dentro da UEPS que permite estabelecer novas rotas e caminhos para o ensino e aprendizagem de Física na escola brasileira. O rompimento de padrões pouco eficientes na educação é um esforço social que resgata o papel do professor como profissão social singular na busca pela evolução do conhecimento científico e da cidadania plena dos estudantes.

Tais fatores transversais são o currículo, o contexto e a avaliação escolar. O currículo e o contexto social de inserção da comunidade escolar, assim como o sistema educativo, favorecem ou não dos princípios norteadores para a implementação e construção de uma aprendizagem significativa crítica que estimule uma cidadania plena dos estudantes. Um processo de avaliação coerente, amplo e consistente com os objetivos iniciais do ensino-aprendizagem cristalizados na TAS possibilita uma posta em marcha de mudanças no ensino de Física crítico ou subversivo na Bahia, de forma particular, e no Brasil, de forma geral.

3. CARACTERIZAÇÃO DA SEQUENCIA DIDÁTICA

A natureza desta sequência didática é qualitativa posto que a mesma está construída junto a uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) e com base na Teoria de Aprendizagem Significativa. Isto configura uma qualidade como vetor de base para sua evolução como validade social, subjetividade, reflexibilidade, adequação dos dados e adequação da interpretação.

3.1 PÚBLICO-ALVO

Turma de 2º do Ensino Médio Regular (sem a nova formatação da BNCC) do turno matutino de uma escola pública estadual denominada Colégio Estadual Abdias Menezes (CEAM) situada no perímetro urbano da cidade de Vitória da Conquista, estado da Bahia, com 2 aulas semanais. Adaptações ao tempo de aula de acordo com cada realidade de percurso didático. Adaptações para outras séries e turmas são viáveis de acordo com a necessidade do mediador/professor.

3.2 DESENVOLVIMENTO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) permite que o processo educacional promova uma aprendizagem significativa e crítica tal forma que a pesquisa educacional possa avançar para novos estágios. Nesse sentido (MOREIRA, 2012) assinala que promove uma progressiva evolução do empoderamento do conhecimento significativo e crítico dos estudantes em razão da utilização de distintos materiais educacionais com potencial significativo.

3.3 ORGANIZAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Esta Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) foi elaborada para ser construída em sete momentos ou encontros, totalizando 14 aulas de 50 minutos cada. A estratégia utilizada foi a de fazer uso de materiais potencialmente significativos para os estudantes.

Dentre esses materiais, pode-se mencionar atividades individuais e em grupos, textos, aulas expositivas, discussões, experimentos de baixo custo, relatórios, jogo

colaborativo e avaliação final. Tais matérias foram inseridos segundo um planejamento nas etapas que constituem uma sequência didática com base em uma UEPS. As etapas que constituem uma UEPS são (MOREIRA, 2012):

- 1º) Definir o conteúdo a ser trabalhado com os estudantes.
- 2º) Propor aos estudantes situações que viabilizem a demonstração do conhecimento prévio.
- 3º) Propor situações-problema introdutórias que irão funcionar como organizador prévio.
- 4º) Apresentar aos estudantes o conhecimento a ser ensinado.
- 5º) Retomar os aspectos gerais em nível mais alto de complexidade.
- 6º) Concluir a Unidade com atividades que retomem as características mais relevantes do conteúdo em tela.
- 7º) Avaliação da aprendizagem por meio de um instrumento de natureza formativa e somativa.
- 8º) Avaliação da Unidade de Ensino Potencialmente Significativa para detectar evidências de aprendizagem significativa.

As etapas elencadas acima possuem poder de comunicação entre os alunos e professor ao longo de sua construção. Isso fornece uma sinergia de ação durante todo o processo de aprendizagem que retroalimenta o processo em questão.

3.4 CRONOGRAMA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA (UEPS)

A **Tabela 01** mostra o cronograma de evolução progressiva da Unidade de Ensino Potencialmente Significativa.

Tabela 01: Cronograma da UEPS

Aulas	Data	Descrição das atividades
01 e 02		<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação e discussão da proposta ➤ Natureza e objetivos da proposta da sequência didática ➤ Aplicação do Termo de Livre Consentimento e Questionário Sócio-Cultural
03 e 06		<ul style="list-style-type: none"> • Levantamento dos conhecimentos prévios (Subsunçores) ➤ Aplicação do Questionário de forma colaborativa ➤ Discussão das respostas apresentadas com a turma ➤ Leitura e discussão do texto “Estratégias de controle de temperatura” da <i>Khan Academy</i> ➤ Construção de Mapas Conceituais em grupos (G)
05 e 06		<ul style="list-style-type: none"> • Situações-problema em nível introdutório • Aula expositiva e dialogada com a turma • Exibição do Vídeo “Você se cobriu errado a vida inteira? Nós testamos!” • Construção de Nuvem de Palavras (<i>Mentimeter</i>)
07 e 08		<ul style="list-style-type: none"> ➤ Apresentação do Conhecimento a Ser Ensinado/Aprendido ➤ Aula expositiva e dialogada com a turma ➤ Realização, análise e discussão do Experimento Lúdico de Termodinâmica: <i>Construção Termoscópio de Galileu</i> ➤ Elaboração de relatório individual do experimento
09 e 10		<ul style="list-style-type: none"> • Retomar os Aspectos Gerais em Nível mais Alto de Complexidade ➤ Interação e discussão no jogo colaborativo de trilha “A Termodinâmica e os Seres Vivos” ➤ Produção de respostas ao jogo colaborativo.
11 e 12		<ul style="list-style-type: none"> • Concluir a Unidade (Diferenciação Progressiva e Reconciliação Integrativa) ➤ Revisão dos conteúdos anteriormente abordados ➤ Construção, em grupo (G), de um Mapa Conceitual sobre “Termodinâmica”
13 e 16		<ul style="list-style-type: none"> • Avaliação da Aprendizagem através da UEPS ➤ Realização da atividade final e individual (Questionário) ➤ Aplicação do Questionário para avaliar a satisfação dos discentes em relação a metodologia utilizada
		<ul style="list-style-type: none"> • Análise do Êxito da aplicação da UEPS ➤ Realizada durante todo o processo de aplicação e de escrita da dissertação

Fonte: O autor, 2022.

Plano de ensino das aulas

- 1º Momento Pedagógico: **Apresentação e discussão da proposta.**
 - Apresentação da proposta e da assinatura dos termos de concordância e livre participação. Natureza, estrutura e dinâmica de aplicação da sequência didática no formato da UEPS. Aula com participação aberta dos alunos para oportunizar momentos de automotivação para os mesmos. Sugestão de material: **APÊNDICE A**

- 2º Momento Pedagógico: **Levantamento dos conhecimentos prévios (Subsunçores)**
 - Aplicação do Questionário de forma colaborativa para obtenção de uma aproximação aos subsunçores. Discussão das respostas apresentadas com a turma para automotivação visando a autoeficácia. Em seguida, o professor propõe a leitura e discussão do texto “Estratégias de controle de temperatura” da *Khan Academy*. Esta leitura visa preparar o campo cognitivo dos estudantes para a construção de Mapas Conceituais em grupos (G). Sugestão de material: **APÊNDICE B**

- 3º Momento Pedagógico: **Situações-problema em nível introdutório**
 - Aula expositiva e dialogada com a turma. Neste momento a atuação do professor está assentada na captação e reforço dos subsunçores na etapa anterior. Em seguida, o professor exibe o Vídeo “Você se cobriu errado a vida inteira? Nós testamos!”. Atentar neste fase para problemas de conexão para a exibição. Para captar conceitos de aprendizagem da Termodinâmica, o professor solicita a Construção de Nuvem de Palavras (*Mentimeter*). Sugestão de material: **APÊNDICE C; APÊNDICE D**

- 4º Momento Pedagógico: **Apresentação do Conhecimento a ser Ensinado/Aprendido**
 - Aula expositiva e dialogada com a turma com ajuda do quadro de branco. Aqui há a apropriação dos conceitos em uma fase mais aprofundada objetivando a realização, análise e discussão do Experimento Lúdico de Termodinâmica: *Construção Termoscópio de Galileu*. A elaboração de relatório individual do experimento permite que o professor tenha ou não evidências de aprendizagem significativa. Sugestão de material: **APÊNDICE E**
- 5º Momento Pedagógico: **Retornar os Aspectos Gerais em Nível Mais Alto de Complexidade**
 - Interação e discussão no jogo colaborativo de trilha “A Termodinâmica e os Seres Vivos”. A elaboração do questionário segue as orientações do planejamento do conteúdo do professor. A produção de respostas ao jogo colaborativo confirma ou não aprendizagem na fase anterior segundo a TAS. Sugestão de material: **APÊNDICE F**
- 6º Momento Pedagógico: **Concluir a UEPS com Diferenciação Progressiva e Reconciliação Integrativa**
 - Revisão dos conteúdos anteriormente abordados pelo professor. Nesta etapa os conceitos são tratados de forma mais conexa e científica. O objetivo é captar a apropriação da aprendizagem significativa por meio da construção, em grupo (G), de um Mapa Conceitual sobre “Termodinâmica”.
- 7º Momento Pedagógico: **Avaliação de Aprendizagem através da UEPS**
 - Realização da atividade final e individual (Questionário) assim como a aplicação do Questionário para avaliar a satisfação dos discentes em relação a metodologia utilizada. **APÊNDICE G**
- 8º Momento Pedagógico: **Análise do Êxito da Aplicação da UEPS**

- Com base nas fases da UEPS o professor avalia o êxito ou não da UEPS.

4. RESULTADOS

Após a aplicação desta Unidade de Ensino Potencialmente Significativa. (UEPS) a partir dos conteúdos básicos de Termodinâmica, ou de qualquer outro conteúdo, os estudantes possam criar as condições para uma aprendizagem significativa crítica de tais conceitos em consonância com a diferenciação progressiva assim como relacionar tal diferenciação com a regulação térmica nos seres vivos ou em outras situações conexas.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F. J. **Paulo Freire**. Folha Explica, v. 81. São Paulo: Publifolha. 95p, 2009.

CARUSO RONCA, A.C. “*Teorias de ensino: A contribuição de David Ausubel*”. **Temas em Psicologia**, São Paulo, Nº 3, p. 91-95, 1994.

FERREIRA, M. et. al. *Unidade de Ensino Potencialmente Significativa sobre óptica geométrica apoiada por vídeos, aplicativos e jogos para smartphones*. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, V. 42, 2020. Disponível em:<<https://www.scielo.br/j/rbef/a/dJv9Vkft6434ffg5tJDPbpM/?lang=pt>>. Acesso em 13/05/2022.

HOWE, M. J. A. *Understanding School Learning*. New York: Harper e Row, Publishers, 1972.

MASINI, E.F.S., MOREIRA, M.A. **Aprendizagem significativa na escola**. Curitiba, PR: Editora CVR. 87p. 2017.

MOREIRA, M. A. BUCKWEITZ, B. **Mapas Conceituais**. São Paulo: Editora Moraes, 1982.

APÊNDICES

APÊNDICE A

QUESTIONÁRIO SÓCIO – ECONÔMICO – CULTURAL

Este Questionário é destinado aos estudantes da turma do 2º Ano, Turma B, turno Matutino, do Colégio Estadual Abdias Menezes (CEAM) como parte integrante da implementação de um produto educacional realizado pelo mestrando Nelson Novais Júnior, sob orientação dos Professores Dr. Luizdarcy de Matos Castro e Dr. Jorge Anderson Paiva Ramos, do curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB).

12. QUAL É O SEU NOME COMPLETO?

13. QUAL É O SEU SEXO? () Masculino () Feminino

14. QUAL É SUA DATA DE NASCIMENTO? (Indique o dia, o mês e o ano)

15. ONDE MORA?

() Zona Urbana () Zona Rural - Localidade:

16. COM QUEM VOCÊ MORA?

() Pais () Irmãos (Quantos?____)

() Parentes () Outros (Quem?_____)

17. QUAL O TIPO DE MORADIA DE SUA FAMÍLIA:

() Sítio ou fazenda () Casa

() Apartamento () Outro: _____

18. QUAL A CONDIÇÃO DO IMÓVEL ONDE SUA FAMÍLIA RESIDE?

() Própria () Alugada () Outra

19. EM RELAÇÃO AO ORÇAMENTO FAMILIAR, QUAL A SUA SITUAÇÃO ATUAL?

- Depende inteiramente da ajuda dos pais
- Depende financeiramente de outros parentes
- É independente financeiramente.
- É independente financeiramente e responsável **por parte** das despesas domésticas. É independente financeiramente e responsável **por todas** as despesas domésticas.

20. RENDA TOTAL MENSAL DA SUA FAMÍLIA:

- Até um salário mínimo
- Mais de 1 até 3 salários mínimos
- Mais de 3 até 5 salários mínimos
- Mais de 5 salários mínimos

21. QUAL O GRAU DE ESCOLARIDADE DA SUA MÃE OU MADASTRA?

- Nunca estudou
- Ensino Fundamental incompleto
- Ensino Fundamental completo
- Ensino Médio incompleto
- Ensino Médio completo
- Ensino Superior
- Pós-graduação completa ou incompleta
- Não sei.

22. QUAL O GRAU DE ESCOLARIDADE DO SEU PAI OU PADASTRO?

- Nunca estudou
- Ensino Fundamental incompleto
- Ensino Fundamental completo
- Ensino Médio incompleto
- Ensino Médio completo
- Ensino Superior
- Pós-graduação completa ou incompleta
- Não sei.

29. QUAL A SUA OPINIÃO SOBRE O USO DE:

A) USO DAS TECNOLOGIAS DA COMUNICAÇÃO

B) EXPERIMENTOS REAIS

C) EM RELAÇÃO A MELHORIA DO ENSINO ESSE TIPO DE QUESTIONÁRIO?

- Importante
- Alguma importância
- Pouco Importante
- Fora da minha realidade
- Perda de tempo

30. VOCÊ ACREDITA QUE POSSA EXISTIR CIÊNCIA SEM O PROFESSOR?

- Sim
- Não

31. VOCÊ ACREDITA SER POSSÍVEL PRODUZIR CONHECIMENTO CIENTIFICO NA SALA DE AULA?

- Sim
- Não

32. QUANTAS HORAS EM MÉDIA POR SEMANA VOCÊ DEDICA AOS ESTUDOS (FORA DA ESCOLA)?

- A) menos de 2h
- B) entre 2h e 4h
- C) entre 4h e 6h
- D) mais de 6h

33. VOCÊ USA A TECNOLOGIA EM PROL DE SEU APRENDIZADO?

- Sim
- Não

34. COMO VOCÊ USA OU PRETENDE USAR?

Obrigado pela participação!!!

Fonte: Adaptado de SANTANA, J. (2019) e MORAES, J.U.P. (2012).

APÊNDICE B
Atividade 1

Questionário aplicado aos estudantes do 2º Ano, turma B, do Ensino Médio, do turno matutino, do Colégio Estadual Abdias Menezes (CEAM), localizado no município de Vitória da Conquista, estado da Bahia, como parte integrante da pesquisa de Mestrado realizada pelo discente Nelson Novais Júnior, sob orientação dos Professores Dr. Luizdarcy de Matos Castro e Dr. Jorge Anderson Paiva Ramos, ambos do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (MNPEF-UESB), intitulada **Uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa para o ensino de conceitos de termodinâmica sobre elementos da termorregulação dos seres vivos.**

.

Nome Completo: _____

Questionário

01-(CEFET-SP) Calor é:

- a) energia em trânsito de um corpo para outro, quando entre eles há diferença de temperatura
- b) medido em graus Celsius
- c) uma forma de energia que não existe nos corpos frios
- d) uma forma de energia que se atribui aos corpos quentes
- e) o mesmo que temperatura

02-(PUCCAMP-SP) Sobre o conceito de calor pode-se afirmar que se trata de uma:

- a) medida da temperatura do sistema.
- b) forma de energia em trânsito.
- c) substância fluida.
- d) quantidade relacionada com o atrito.
- e) energia que os corpos possuem.

03-(UFP-RS) Considere as afirmações a seguir:

- I. Quando dois corpos estão em equilíbrio térmico, ambos possuem a mesma quantidade de calor.
- II. Quando dois corpos estão em equilíbrio térmico, ambos possuem a mesma temperatura.
- III. Calor é transferência de temperatura de um corpo para outro.
- IV. Calor é uma forma de energia em trânsito.

Das afirmações acima, pode-se dizer que:

- a) I, II, III e IV são corretas
- b) I, II, III são corretas
- c) I, II e IV são corretas
- d) II e IV são corretas
- e) II e III são corretas

04-(OSEC-SP) O fato de o calor passar de um corpo para outro deve-se a:

- a) quantidade de calor existente em cada um.
- b) diferença de temperatura entre eles.

- c) energia cinética total de suas moléculas.
- d) o número de calorías existentes em cada um.
- e) nada do que se afirmou acima é verdadeiro.

05-(AFA-SP) Assinale a alternativa que define corretamente calor.

- a) Trata-se de um sinônimo de temperatura em um sistema.
- b) É uma forma de energia contida no sistema.
- c) É uma energia em trânsito, de um sistema a outro, devido à diferença de temperatura entre eles.
- d) É uma forma de energia superabundante nos corpos quentes.
- e) É uma forma de energia em trânsito do corpo mais frio para o corpo mais quente.

06-(PUC-MG) Se ocorre troca de calor

08- (ENEM) Nos dias frios, é comum ouvir expressões como: “Esta roupa é quentinha” ou então “Feche a janela para o frio não entrar”. As expressões do senso comum utilizadas estão em desacordo com o conceito de calor da termodinâmica. A roupa não é “quentinha”, muito menos o frio “entra” pela janela.

A utilização das expressões “roupa é quentinha” e “para o frio não entrar” é inadequada, pois o(a):

- F) Roupa absorve a temperatura do corpo da pessoa, e o frio não entra pela janela, o calor é que sai por ela.
- G) Roupa não fornece calor por ser um isolante térmico, e o frio não entra pela janela, pois é a temperatura da sala que sai por ela.

entre dois corpos, é correto dizer que, no início desse processo, são diferentes:

- a) Suas massas.
- b) Suas capacidades térmicas.
- c) Seus calores específicos.
- d) Suas temperaturas.

07-(UFV-MG) Quando dois corpos de materiais diferentes estão em equilíbrio térmico, isolados do meio ambiente, pode-se afirmar que:

- a) o mais quente é o que possui menor massa.
- b) apesar do contato, suas temperaturas não variam.
- c) o mais quente fornece calor ao mais frio.
- d) o mais frio fornece calor ao mais quente
- e) suas temperaturas dependem de suas densidades

H) Roupa não é uma fonte de temperatura, e o frio não pode entrar pela janela, pois o calor está contido na sala, logo o calor é que sai por ela.

- I) Calor não está contido num corpo, sendo uma forma de energia em trânsito de um corpo de maior temperatura para outro de menor temperatura.
- J) Calor está contido no corpo da pessoa, e não na roupa, sendo uma forma de temperatura em trânsito de um corpo mais quente para um corpo mais frio.

09- (ENEM) Num experimento, um professor deixa duas bandejas de mesma massa, uma de plástico e outra de alumínio, sobre a mesa do laboratório. Após algumas horas, ele pede aos alunos que avaliem a temperatura das duas bandejas, usando para isso o tato. Seus alunos afirmam, categoricamente, que a bandeja de alumínio se encontra numa

temperatura mais baixa. Intrigado, ele propõe uma segunda atividade, em que coloca um cubo de gelo sobre cada uma das bandejas, que estão em equilíbrio térmico com o ambiente, e os questiona em qual delas a taxa de derretimento do gelo será maior.

O aluno que responder corretamente ao questionamento do professor dirá que o derretimento ocorrerá

- F) Mais rapidamente na bandeja de alumínio, pois ela tem uma maior condutividade térmica que a de plástico.
- G) Mais rapidamente na bandeja de plástico, pois ela tem inicialmente uma temperatura mais alta que a de alumínio.
- H) Mais rapidamente na bandeja de plástico, pois ela tem uma maior capacidade térmica que a de alumínio.
- I) Mais rapidamente na bandeja de alumínio, pois ela tem um calor específico menor que a de plástico.
- J) Com a mesma rapidez nas duas bandejas, pois apresentarão a mesma variação de temperatura.

10- (ENEM) Considere a tirinha, na situação em que a temperatura do ambiente é inferior à temperatura corporal dos personagens.



O incômodo mencionado pelo personagem da tirinha deve-se ao fato de que, em dias úmidos,

- F) A temperatura do vapor-d'água presente no ar é alta.
- G) O suor apresenta maior dificuldade para evaporar do corpo.
- H) A taxa de absorção de radiação pelo corpo torna-se maior.
- I) O ar torna-se mau condutor e dificulta o processo de liberação de calor.
- J) O vapor-d'água presente no ar condensa-se ao entrar em contato com a pele.

11- (ENEM-Adaptada) Observe a tirinha abaixo e, em seguida, marque a alternativa correta e responda à pergunta discursiva:



Disponível em: <http://seguindocurso.wordpress.com>. Acesso em: 28 jul. 2010.

11.1 A tirinha faz referência a uma propriedade de uma grandeza Física, em que a função do jornal utilizado pelo homem é a de:

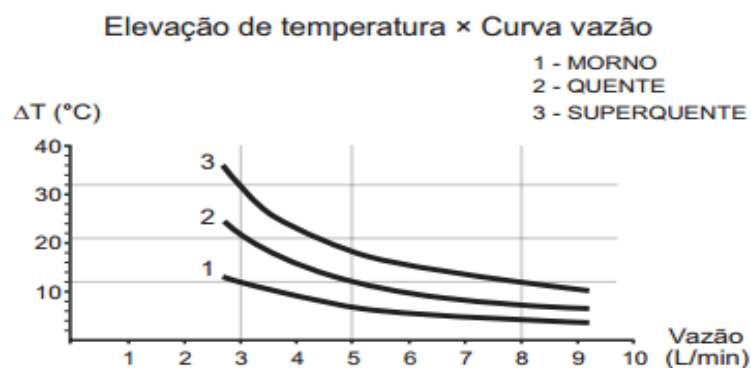
- F) Absorver a umidade que dissipa calor.
- G) Impedir que o frio do ambiente penetre.
- H) Manter o calor do homem concentrado.
- I) Restringir a perda de calor para o ambiente.

J) Bloquear o vento que sopra trazendo frio.

11.2 Na tirinha, existe um elemento físico importante para a sensação térmica de “quente” e “frio”. Que elemento é esse?

12- (ENEM- Adaptada) No manual fornecido pelo fabricante de uma ducha elétrica de 220V é apresentado um gráfico com a variação da temperatura da água em função da vazão para três condições (morno, quente e superquente). Na condição superquente, a potência dissipada é de 6500 W.

Considere o calor específico da água igual a 4200 J/(kg C) e a densidade da água igual a 1 kg/L.



Com base nas informações dadas, a potência na condição morno corresponde a que fração da potência na condição superquente?

*** Lembrar que Potência (P) de um sistema:

:

$$P = \frac{\text{Trabalho}}{\text{Tempo}}$$

- F) 1/3.
- G) 1/5.
- H) 3/5.
- I) 3/8.
- J) 5/8.

APÊNDICE C

TEXTO SOBRE A NATUREZA DO CALOR

Texto aplicado aos estudantes do 2º Ano, turma B, do Ensino Médio, do turno matutino, do Colégio Estadual Abdias Menezes (CEAM), localizado no município de Vitória da Conquista, estado da Bahia, como parte integrante da pesquisa de Mestrado realizada pelo discente Nelson Novais Júnior, sob orientação dos Professores Dr. Luizdarcy de Matos Castro e Dr. Jorge Anderson Paiva Ramos, ambos do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (MNPEF-UESB), intitulada **Uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa para o ensino de conceitos de termodinâmica sobre elementos da termorregulação dos seres vivos.**

No final do século XVIII, existiam duas hipóteses alternativas sobre a natureza do calor. A hipótese mais aceita considerava o calor como uma substância fluida indestrutível que “preencheria os poros” dos corpos e se escoaria de um corpo mais quente a um mais frio. Lavoisier chamou essa substância hipotética de “calórico”. A implicação era que o calor pode ser transferido de um corpo a outro, mas a quantidade total de “calórico” se conservaria, ou seja, existiria uma lei de conservação do calor.

A hipótese rival, endossada entre outros por Francis Bacon e Robert Hooke, foi assim expressa por Newton em 1704: “O calor consiste num minúsculo movimento de vibração das partículas dos corpos”. Idéias deste gênero podem ter sido sugeridas pela geração de calor por atrito, exemplificada pelo “método dos escoteiros” para acender uma fogueira, ou pelo aquecimento do ferro martelado numa bigorna.

A teoria do calórico explicava estes efeitos dizendo que o atrito, ou o martelo do ferreiro, “espremem” o calórico para fora do material, como água absorvida numa esponja. Um dos primeiros a apontar dificuldades com a teoria do calórico foi Benjamin Thomson, um aventureiro e inventor que se tornou Conde de Rumford, na Bavária (casou-se com a viúva de Lavoisier). [...] Entretanto, o calórico poderia ser um fluido imponderável, a exemplo do que se acreditava valer para a eletricidade. A principal dificuldade, porém, estava na “lei de conservação do calórico”, pois a quantidade de calórico que podia ser “espremida para fora” de um corpo por atrito era ilimitada. Com efeito, em 1798, Rumford escreveu:

“Foi por acaso que me vi levado a realizar os experimentos que vou relatar agora... Estando ocupado, ultimamente, em supervisionar a perfuração de canhões nas oficinas do arsenal militar de Munique, chamou-me a atenção o elevado grau de aquecimento de um canhão de bronze, atingido em tempos muito curtos, durante o processo de perfuração;

bem como a temperatura ainda mais alta (acima do ponto de ebulição da água, conforme verifiquei) das aparas metálicas removidas pela perfuração. Meditando sobre os resultados dessas experiências, somos naturalmente levados à grande questão que tem sido objeto de tantas especulações filosóficas, ou seja: Que é o calor? Existe um fluido ígneo? Existe alguma coisa que possamos chamar de calórico? [...] É desnecessário acrescentar que algo que qualquer corpo ou sistema de corpos isolado pode continuar fornecendo sem limites, não pode ser uma substância material, e me parece extremamente difícil, senão impossível, conceber qualquer coisa capaz de ser produzida ou transmitida da forma como o calor o era nessas experiências, exceto o MOVIMENTO.”

Rumford foi assim levado a endossar a teoria alternativa de que "... o calor não passa de um movimento vibratório que tem lugar entre as partículas do corpo". [...] Aparentemente, ele foi levado, a refletir sobre o problema quando, como médico de bordo durante uma viagem aos trópicos, observou, sangrando pacientes, que o sangue venoso parecia ser mais vermelho nessas regiões quentes do que nos climas frios da Europa, o que o levou a especular que o corpo não precisa gerar tanto calor pela queima de alimentos (visão do metabolismo devida a Lavoisier). Assim, em 1842, Mayer chegou ao primeiro enunciado geral do Princípio de Conservação da Energia:

“As energias são entidades conversíveis, mas indestrutíveis ... Em inúmeros casos, vemos que um movimento cessa sem ter produzido quer outro movimento” (energia cinética) “quer o levantamento de um peso” (energia potencial), “mas a energia, uma vez que existe, não pode ser aniquilada; pode somente mudar de forma, e daí surge a questão: Que outras formas pode ela assumir? Somente a experiência pode levar-nos a uma conclusão”. A experiência mostra que o trabalho pode (por exemplo por meio do atrito) ser convertido em calor. Logo, diz Mayer, “Se energia cinética e potencial são equivalentes a calor, é natural que calor seja equivalente a energia cinética e potencial”. Ou seja, o calor é uma forma de energia.

Fonte: Nussenzveig, H. M. **Curso de Física Básica 2.** 5ª Edição, revista e ampliada. São Paulo: Editora Blucher, 2014.

APÊNDICE D

ESTRATÉGIAS DE CONTROLE DE TEMPERATURA

Texto aplicado aos estudantes do 2º Ano, turma B, do Ensino Médio, do turno matutino, do Colégio Estadual Abdias Menezes (CEAM), localizado no município de Vitória da Conquista, estado da Bahia, como parte integrante da pesquisa de Mestrado realizada pelo discente Nelson Novais Júnior, sob orientação dos Professores Dr. Luizdarcy de Matos Castro e Dr. Jorge Anderson Paiva Ramos, ambos do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (MNPEF-UESB), intitulada **Uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa para o ensino de conceitos de termodinâmica sobre elementos da termorregulação dos seres vivos.**

COMO O COMPORTAMENTO, A ANATOMIA E A FISIOLOGIA AJUDAM OS ANIMAIS NO CONTROLE DA TEMPERATURA CORPORAL

Principais pontos

- Muitos animais regulam sua temperatura corporal através do comportamento, como buscar sol ou sombra ou aconchegando-se para receber calor.
- Animais **endotérmicos** podem alterar a produção de calor metabólico para manter a temperatura corporal usando tanto a termogênese com tremor, quanto a sem tremor.
- A **vasoconstrição** — contração — e a **vasodilatação** — expansão dos vasos sanguíneos da pele podem alterar a troca de calor de um organismo com o ambiente.
- Uma **troca de calor contracorrente** é uma disposição dos vasos sanguíneos no qual o calor flui do sangue mais aquecido para o mais resfriado, geralmente reduzindo a perda de calor.
- Alguns animais usam isolamento corporal e mecanismos evaporativos, como o suor e o arquejo, na regulação da temperatura corporal.

Introdução

Por que os lagartos tomam banho de sol? Por que as lebres tem orelhas enormes? Por que os cães ficam ofegantes quando está muito quentes? Os animais tem maneiras diferentes de regular a temperatura do corpo! Essas estratégias **termorreguladoras** permitem que eles vivam em ambientes diferentes, incluindo alguns bastante extremos.

Vamos estudar mais de perto algumas estratégias comportamentais, processos fisiológicos e características anatômicas que ajudam os animais a regular a temperatura corporal.

Mecanismos da termorregulação

Os animais podem ser divididos em endotérmicos e ectotérmicos com base na regulação de sua temperatura.

- Animais **endotérmicos**, como aves e mamíferos, usam o calor metabólico para manter a temperatura corporal estável, que é frequentemente diferente da temperatura ambiente.

- Animais **ectotérmicos**, como lagartos e cobras, não usam o calor metabólico para manter a temperatura corporal, mas se mantêm na temperatura ambiente.

Ambos animais endotérmicos e ectotérmicos possuem **adaptações** — características que surgiram pela seleção natural — que ajudam a manter uma temperatura corporal saudável. Essas adaptações podem ser comportamentais, anatômicas ou fisiológicas. Algumas aumentam a produção de calor quando está frio — no caso dos endotérmicos. Outros, tanto endotérmicos quanto ectotérmicos, aumentam ou diminuem a troca de calor com o ambiente.

Neste artigo vamos estudar três grandes categorias de mecanismos termorreguladores:

- Alterações comportamentais
- Aumento da produção metabólica de calor
- Controle da troca de calor com o ambiente

Estratégias comportamentais

Como *you* regula sua temperatura corporal usando seu comportamento? Em um dia quente, você pode nadar, beber água gelada ou sentar-se à sombra. Em um dia frio, você coloca um casaco, senta-se em um canto mais quente ou come uma tigela de sopa quentinha.

Animais não humanos têm tipos semelhantes de comportamentos. Por exemplo, os elefantes borrifam água em si mesmos para se refrescarem em um dia quente e muitos animais procuram por sombras quando sua temperatura está elevada. Por outro lado, lagartos geralmente se esticam em rochas quentes para se aquecerem, e os pinguins ficam juntinhos para reter calor.

Alguns animais ectotérmicos são tão bons em usar estratégias comportamentais para regular a temperatura, que eles conseguem mantê-la numa faixa estável, mesmo sem o calor produzido pelo metabolismo.

Aumentando a produção de calor - termogênese

Os endotérmicos têm vários meios de aumentar a produção de calor metabólico, ou **termogênese**, em resposta ao ambiente frio.

Uma maneira de produzir calor metabólico é através da contração muscular — por exemplo, você treme incontrolavelmente quando está com muito frio. Tanto os movimentos deliberados — como esfregar as mãos ou dar uma caminhada — quanto o tremor, aumentam a atividade muscular e aceleram a produção de calor.

A **termogênese sem tremor** fornece outro mecanismo para a produção de calor. Esse mecanismo depende de tecido adiposo especializado, conhecido como **gordura marrom**, ou tecido adiposo marrom. Alguns mamíferos, especialmente os hibernadores e os filhotes têm muita gordura marrom. A gordura marrom contém muitas mitocôndrias com proteínas especiais que as deixam liberar energia de moléculas combustíveis, diretamente como calor, ao invés de canalizá-la para a formação do transportador de energia ATP.

Para saber mais como a energia é liberada em forma de calor nas células adiposas marrons, verifique a seção sobre proteínas de desacoplamento no artigo de oxidação fosforilativa.

Controlando perda e ganho de calor

Os animais também possuem estruturas corporais e respostas fisiológicas que controlam o quanto de calor eles irão trocar com o ambiente:

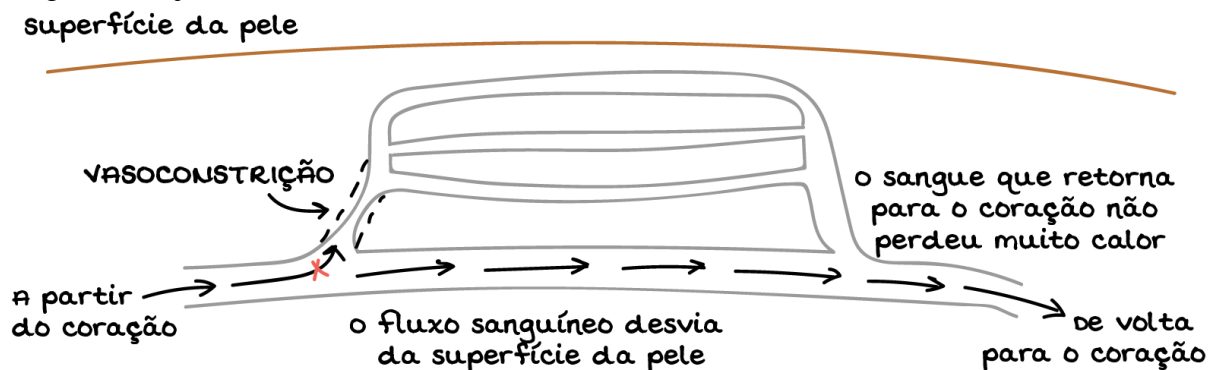
- Mecanismos do sistema circulatório, como alterar o padrão do fluxo sanguíneo
- Isolamento, como pelos, gordura ou penas
- Mecanismos de evaporação, como ofegar e suar

Mecanismos circulatórios

A superfície corporal é o principal local de troca de calor com o meio ambiente. Controlar o fluxo de sangue da pele é uma forma importante de controlar a taxa de perda - ou de ganho - de calor para os arredores.

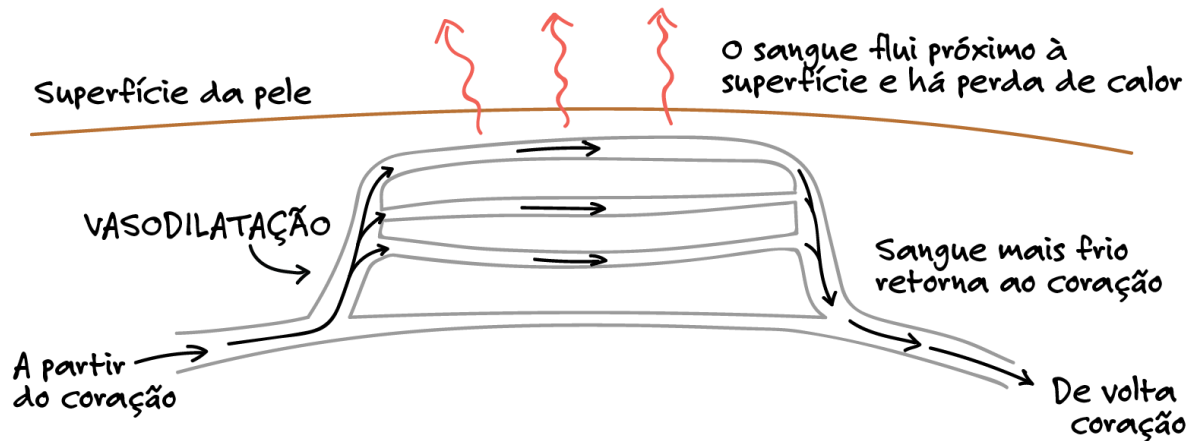
Vasoconstrição e vasodilatação

Em animais endotérmicos, o sangue quente do centro do corpo geralmente perde calor para o ambiente quando flui próximo à pele. A diminuição do diâmetro dos vasos sanguíneos que suprem a pele, um processo chamado de **vasoconstrição**, reduz o fluxo sanguíneo e ajuda a reter calor.



Uma rede de capilares próximos à superfície da pele é alimentada por um vaso sanguíneo que pode ser vasoconstrito - estreitado - ou vasodilatado - expandido - para controlar o fluxo de sangue através dos capilares. Quando está frio, o vaso sanguíneo é vasoconstrito, e o sangue vindo do coração não entra na rede capilar, ao contrário, percorre um vaso sanguíneo alternativo "um desvio" que permite que ele evite a superfície da pele. Assim, o sangue que retorna ao coração não perde muito calor.

Por outro lado, quando um animal endotérmico precisa perder calor — por exemplo, depois de correr intensamente para fugir de um predador — esses vasos sanguíneos expandem, ou dilatam. Esse processo é chamado de **vasodilatação**. A vasodilatação aumenta o fluxo sanguíneo para a pele e ajuda o animal a perder parte do calor excedente do corpo para o ambiente.



Uma rede de capilares próxima à superfície da pele é alimentada por um vaso sanguíneo que pode ser vasoconstrito - estreitado - ou vasodilatado - expandido - para controlar o fluxo sanguíneo através dos capilares. Quando está quente, este vaso sanguíneo é vasodilatado e o sangue vindo do coração entra na rede de capilares, ao invés de entrar em um vaso sanguíneo alternativo "desvio" que o deixaria evitar a superfície da pele. À medida que passa próximo à pele, o sangue perde calor para o ambiente mais fresco e estará resfriado quando deixar a rede de capilares e voltar para o coração.

Mamíferos peludos geralmente possuem uma rede de vasos sanguíneos especial para a troca de calor localizado em áreas sem pelos. Por exemplo, lebres tem orelhas bastante longas com muitos vasos sanguíneos que permite perder calor rapidamente. Essa adaptação ajuda-os a sobreviver no deserto quente.

Alguns ectotérmicos também regulam o fluxo sanguíneo para a pele como uma maneira de conservar calor. Por exemplo, iguanas reduzem o fluxo sanguíneo para a pele quando nadam em águas geladas para ajudar a manter o calor que absorveram quando estiveram na terra.

Troca de calor contracorrente

Muitas aves e mamíferos apresentam **trocas de calor contracorrente**, que são adaptações do sistema circulatório que permitem que o calor seja transferido dos vasos sanguíneos contendo sangue mais quente para aqueles contendo sangue mais frio. Para entender como isso funciona, vamos ver um exemplo.

Na perna de uma ave pernaltas, a artéria que percorre a perna carrega sangue aquecido do corpo. A artéria é posicionada bem ao lado de uma veia que carrega sangue frio que vem do pé. O sangue quente descendente passa muito do seu calor para o sangue frio ascendente, por condução. Isso significa que menos calor será perdido no pé devido à redução na diferença de temperatura entre o sangue mais frio e os seus arredores e que o sangue que retorna à área central do corpo esteja relativamente aquecido, prevenindo o centro do corpo de esfriar.

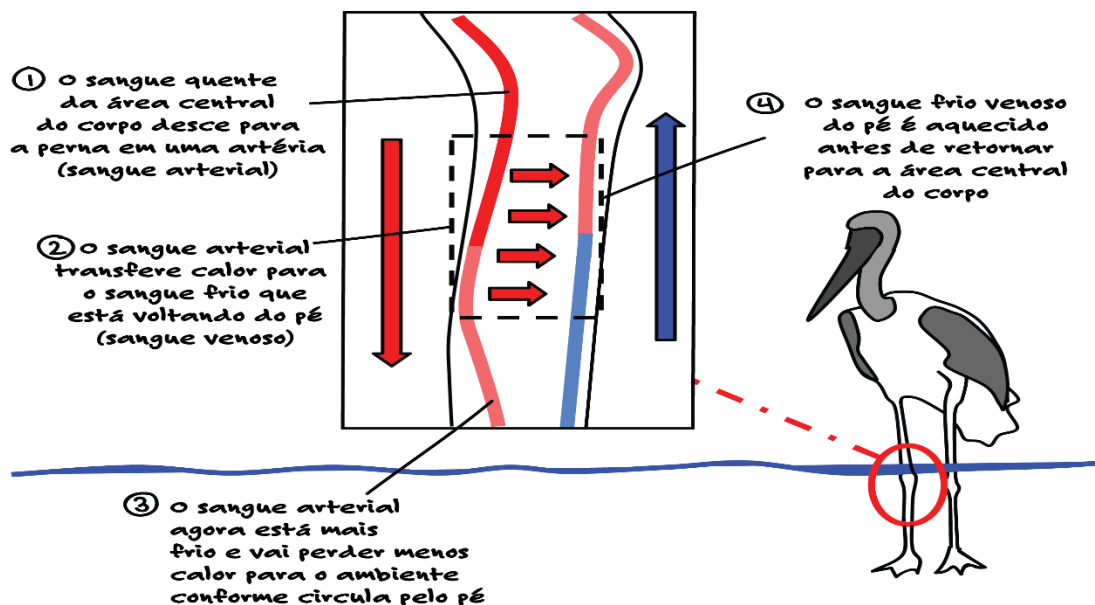


Diagrama de disposição de vaso sanguíneo na perna de uma ave limícola.

5. Sangue arterial quente do centro do corpo desce a perna por uma artéria.
6. O sangue arterial transfere calor para o sangue venoso frio que volta do pé.
7. O sangue arterial está agora mais frio e perderá menos calor para o ambiente à medida que for para o pé.
8. O sangue venoso frio, subindo do pé, é aquecido antes que retorne para o centro do corpo.

Isolamento

Outra maneira de minimizar a perda de calor para o ambiente é através do **isolamento**. As aves usam penas e a maioria dos mamíferos usam cabelos ou pelos, para manter uma camada de ar perto da pele e reduzir a transferência de calor para o meio ambiente. Mamíferos marinhos como as baleias usam a banha, uma grossa camada de gordura, como uma forma eficiente de isolamento.

Em climas frios, as aves "afofam" suas penas e os mamíferos seus pelos, para aumentar a camada de isolamento. O mesmo acontece com as pessoas — arrepios — que não são tão eficientes devido ao pouco pelo que temos. Por isso, a maioria de nós coloca uma blusa!

Mecanismos evaporativos

Animais terrestres geralmente perdem água pela pele, boca e nariz pela evaporação para o ar. A evaporação remove calor e atua como mecanismo de resfriamento.

Por exemplo, muitos mamíferos podem ativar mecanismos como suor, ou ficar ofegante, para aumentar o resfriamento do corpo pela evaporação em resposta à altas temperaturas corpóreas.

- Durante a transpiração, as glândulas da pele secretam água contendo vários íons - os "eletrólitos", que reabastecemos com bebidas esportivas. Apenas os mamíferos suam.

- Quando ofegante, um animal respira rápido e superficialmente com a boca aberta para aumentar a evaporação das superfícies da boca. Ambos os mamíferos e as aves ofegam, ou pelo menos usam estratégias de respiração semelhantes para esfriar.

Em algumas espécies, como os cachorros, o resfriamento evaporativo através do ofegar, combinado com a troca de calor contracorrente, auxiliam a evitar o superaquecimento do cérebro!

***Compilado a partir de *Khan Academy*:< <https://pt.khanacademy.org/science/ap-biology/ecology-ap/energy-flow-through-ecosystems/a/animal-temperature-regulation-strategies#:~:text=Principais%20pontos,tremor%2C%20quanto%20a%20sem%20tremor>>.**

**** Todas as ilustrações: crédito *Khan Academy*.**

APÊNDICE E

QUESTIONÁRIO SOBRE EXPERIÊNCIA LÚDICA NA TERMODINÂMICA “*TERMOSCÓPIO DE GALILEU*”

Questionário aplicado aos estudantes do 2º Ano, turma B, do Ensino Médio, do turno matutino, do Colégio Estadual Abdias Menezes (CEAM), localizado no município de Vitória da Conquista, estado da Bahia, como parte integrante da pesquisa de Mestrado realizada pelo discente Nelson Novais Júnior, sob orientação dos Professores Dr. Luizdarcy de Matos Castro e Dr. Jorge Anderson Paiva Ramos, ambos do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (MNPEF-UESB), intitulada **Uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa para o ensino de conceitos de termodinâmica sobre elementos da termorregulação dos seres vivos.**

NOME COMPLETO:

10- Em relação à postura do professor durante a demonstração no laboratório:

A () Foi diferente da aula habitual, possibilitou a participação dos alunos através de perguntas e comentários.

B () Foi diferente da aula habitual, mas a mudança não propiciou a participação positiva dos estudantes por meio de perguntas e comentários.

C () Foi a mesma postura que o professor utiliza em outras aulas sem o uso de equipamentos

D () Não modificou positivamente a percepção que se tem do conteúdo de Física.

11- Algum questionamento/comentário de outro estudante lhe ajudou a entender o conteúdo?

A () Sim

B () Não

12- Algum questionamento/comentário do professor lhe ajudou a entender o conteúdo?

A () Sim

B () Não

13- O conteúdo trabalho pela demonstração já havia sido lecionado a você?

A () Sim _____ Eu estava na _____ série.

B () Não

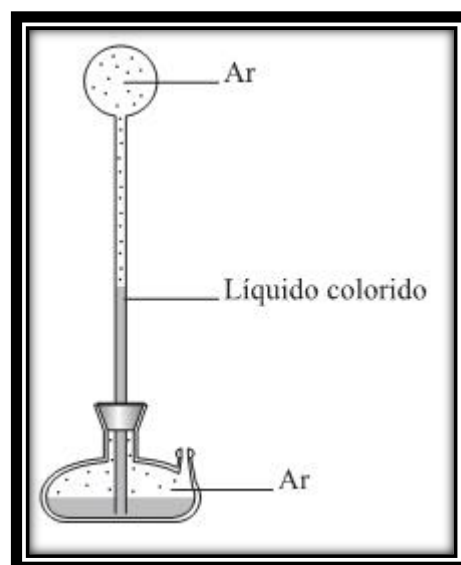
14- Avalie a qualidade do experimento pelos critérios propostos abaixo:

Critério	Ruim	Regular	Bom	Ótimo
Interação professor-aluno				
Qualidade do equipamento				
Interação entre alunos na aula				
Interesse que aula despertou em você				
Interesse da sala pela apresentação				

15- Quais aspectos você considera importante no experimento?

16- Na figura abaixo encontra-se o dispositivo conhecido como *Termoscópio de Galileu* (inventado pelo cientista italiano Galilei Galileu por volta de 1592). Enumere 3 motivos da importância desse instrumento para a evolução da Termodinâmica.

- A) _____
 B) _____
 C) _____



Fonte: MNPEF, UFRGS, 2022.

17- O que você gostaria de sugerir para outras aulas experimentais (demonstrativas)?

18- Para você, qual foi o principal motivo da aula experimental (demonstrativa)?

OBRIGADO!!!

APÊNDICE F

Efeito do Calor nos Seres Vivos

Nesta etapa buscou-se utilizar um jogo cooperativo de trilha que pode ser facilmente construído para o conteúdo em questão. O material necessário é:

a) Os dados que podem ser adquiridos em lojas de brinquedos e similares ou construído pelo próprio professor com papelão nas dimensões de aresta de 17 cm e revestido de EVA de cores distintas em cada face conforme **Fotografias 01 e 02**, respectivamente.

b) Impressão da trilha em formato A4.

c) Impressão das perguntas em formato A1.

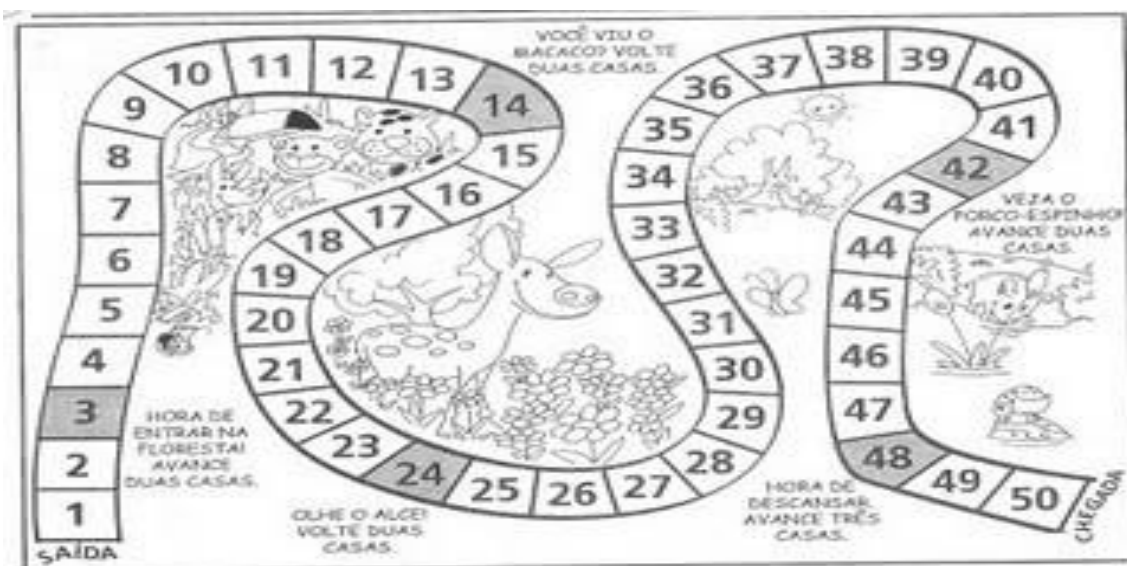
Fotografias 01 e 02: Modelo de dado disponível no mercado (esquerda) e fabricado (direita)



Fonte: Dado da Pesquisa, 2022.

A operacionalização do jogo começa com a sala dividida em grupos. Cada grupo lança seu dado e, de acordo com o número da face do dado, responde a uma questão do bloco de perguntas. Finaliza o jogo o grupo que chegar até o final da trilha. A **Figura abaixo** mostra o exemplo de trilha usado.

Figura : Jogo de Trilha



Fonte: < <https://br.pinterest.com/pin/587790188885111261/> >. Acesso em 23/08/2022.

No caso que o professor não disponha de aulas geminadas para realizar o jogo pode reduzir o tamanho da trilha à metade.

As perguntas para o jogo são elaboradas em nível e profundidade pelo professor segundo o processo mais alto de complexidade conforme ilustra a Tabela abaixo.

Tabela: Jogo de Trilha

TABELA DE QUESTÕES JOGO DE TRILHA

*O Bloco refere-se ao número de face do lançamento do dado do qual o grupo deverá responder, ordinariamente, às perguntas propostas.

Questões Bloco 1:

- f) Diferencie calor de temperatura.
- g) Defina Calor de um corpo.
- h) Qual a importância do estudo da Termodinâmica?
- i) Qual o entendimento sobre o conceito de Equilíbrio Térmico?
- j) Historicamente como foi percebida a natureza do calor?

Questões Bloco 2:

- f) O que diz a Teoria Cinética da Matéria (TCM)?
- g) O calor é medido em qual unidade no Sistema Internacional (SI)?
- h) Como se mede a temperatura de um corpo?
- i) O que são fontes térmicas?
- j) Qual a importância de se identificar as fontes térmicas?

Questões Bloco 3

- f) Qual o papel de Antoine de Lawrence Lavoisier no desenvolvimento da Termodinâmica?
- g) Por que em certos seres vivos a temperatura não pode variar demasiadamente?
- h) Como ocorre os processos de propagação do calor?
- i) A Termodinâmica é uma ciência completa?
- j) Como o calor afeta os sistemas físicos?

Questões Bloco 4

- f) Qual a relação entre temperatura e vasodilatação?
- g) Os motores à combustão têm seu funcionamento baseado na Termodinâmica. Essa tecnologia tende a evolucionar?
- h) Qual a importância do estudo da Termodinâmica?
- i) Os seres vivos desenvolveram, ao longo do tempo, formas de controlar a temperatura do corpo? Comente essa afirmação.
- j) Por que a febre é perigosa para o corpo humano?

Questões Bloco 5

- f)** Por que a natureza do calor não foi determinada completamente?
- g)** Como os Gregos viam o Calor?
- h)** O Sol é uma fonte de Calor? Comente sua resposta.
- i)** É possível que em um futuro distante todo o universo atinja o Equilíbrio Térmico?
- j)** Qual o entendimento sobre o Zero Absoluto na temperatura?

Questões Bloco 6

- f)** Como os Alquimistas viam o Calor?
- g)** Existe Temperatura negativa?
- h)** Todo Calor dissipado é, na verdade, energia não aproveitada?
- i)** Qual o entendimento sobre o conceito de *Permata* do Calor?
- j)** Defina o Princípio Unidirecional do Calor.

Fonte: Dado da Pesquisa, 2022.

Em caso de que algum grupo tenha esgotado seu rol de perguntas referente a um bloco deve responder às perguntas que ainda restam do bloco imediatamente superior. Em caso de novo esgotamento, deve responder as perguntas restantes de outros blocos à livre escolha.

A questão de um jogo envolve uma suposta competição por quem finaliza primeiro sua trilha e isso motiva e estimula os estudantes na consecução do trabalho

APÊNDICE G

Atividade 2

Questionário aplicado aos estudantes do 2º Ano, turma B, do Ensino Médio, do turno matutino, do Colégio Estadual Abdias Menezes (CEAM), localizado no município de Vitória da Conquista, estado da Bahia, como parte integrante da pesquisa de Mestrado realizada pelo discente Nelson Novais Júnior, sob orientação dos Professores Dr. Luizdarcy de Matos Castro e Dr. Jorge Anderson Paiva Ramos, ambos do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (MNPEF-UESB), intitulada **Uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa para o ensino de conceitos de termodinâmica sobre elementos da termorregulação dos seres vivos.**

Nome Completo: _____

Instruções:

- 5) Responda as questões abaixo de forma clara e objetiva.
- 6) Não rasure suas respostas.
- 7) Cada Questão possui seu descritor junto à BNCC.
- 8) O crédito de TODAS as imagem são do artigo “Estratégias de Controle de Temperatura” da *Khan Academy*.

Bom trabalho!!!

1- A figura abaixo mostra o fluxo sanguíneo que ocorre um ser vivo. Sua trajetória demonstra que “...em animais endotérmicos, o sangue quente do centro do corpo geralmente perde calor para o ambiente quando flui próximo à pele”. **Descritor:** **BNCC.EM Ciências: EM13CNT207, EM13CNT306**

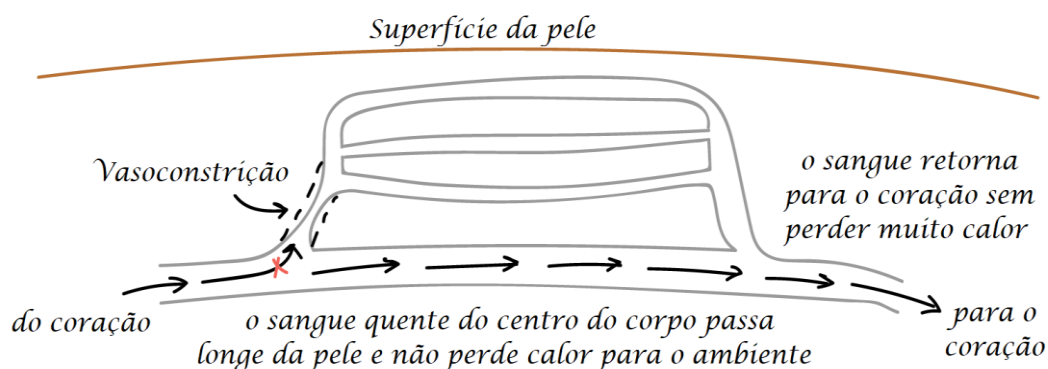


Figura 02: Calor e temperatura nos seres vivos. Tradução livre de CASTRO, L.M., 2022.

Explique essa fisiologia com base nos seus conhecimentos sobre temperatura e calor.

2- A figura abaixo mostra o fluxo sanguíneo que ocorre em um ser vivo. Sua trajetória demonstra que “quando um animal endotérmico precisa perder calor — por exemplo, depois de correr intensamente para fugir de um predador — esses vasos sanguíneos expandem,”. Essa expansão corresponde a um processo físico importante para a termorregulação dos seres vivos. **Descritor: BNCC.EM Ciências: EM13CNT207, EM13CNT306**

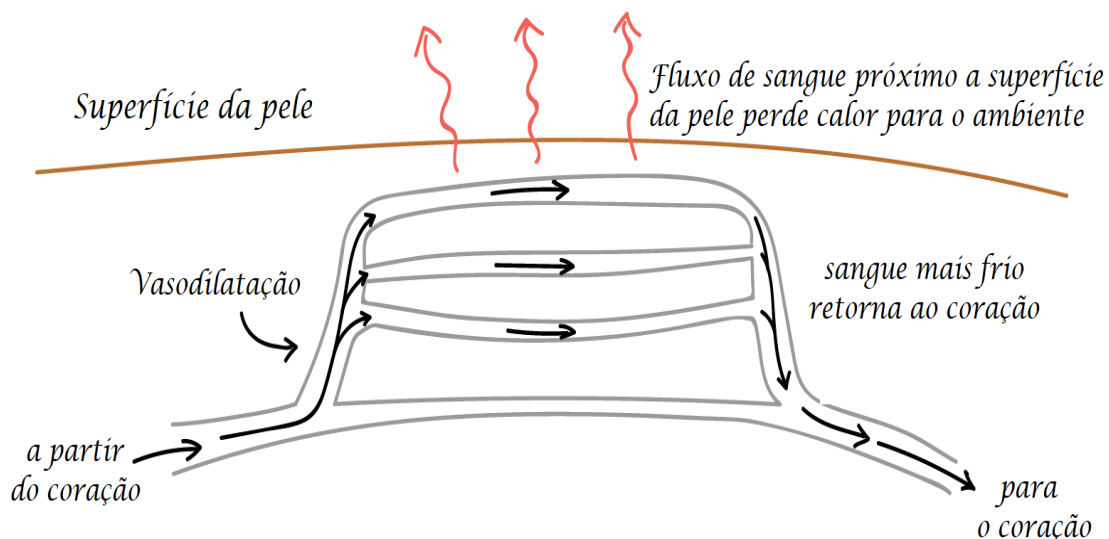


Figura 02: Calor e temperatura nos seres vivos. Tradução livre de CASTRO, L.M., 2022.

Você poderia responder que processo é esse e por que ele ocorre?

3- Diversos seres vivos apresentam estruturas anatômicas que são adaptações voltadas para a circulação que permitem trocar sangue quente por sangue frio nos vasos

sanguíneos. A fisiologia envolvida no processo de troca de calor contracorrente é ilustrada conforme a **Figura 03** abaixo. **Descritor:** BNCC.EM

Ciências: EM13CNT207, EM13CNT306

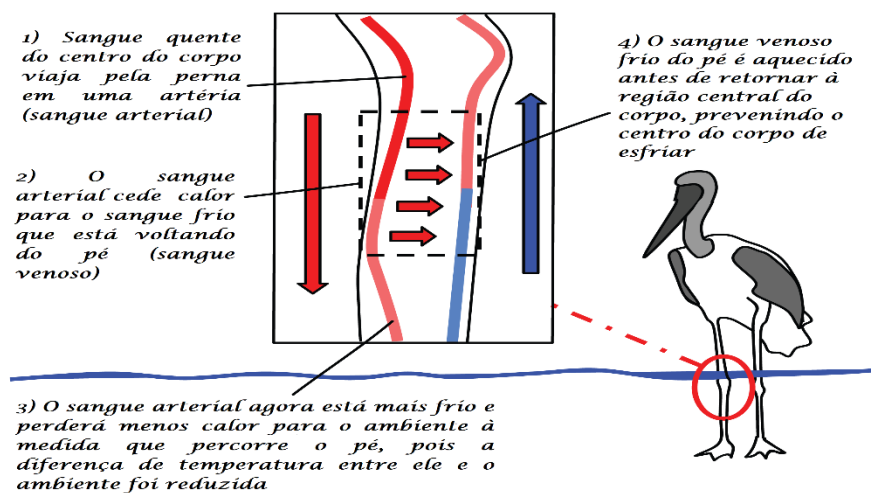


Figura 03: Calor e temperatura nos seres vivos. Tradução livre de CASTRO, L.M., 2022.

Qual a importância da termorregulação e do fluxo de calor nesse sistema biológico?

4- Muitos animais regulam sua temperatura corporal através do comportamento, como buscar sol ou sombra ou aconchegando-se para receber calor. Qual afirmação melhor descreve termorregulação? **Descritor:** BNCC.EM

Ciências: EM13CNT207, EM13CNT306

- F) Manutenção da temperatura corporal
- G) Regulação de fluidos
- H) Equilíbrio do açúcar no sangue
- I) Controle dos níveis de oxigênio e dióxido de carbono
- J) Nenhuma Resposta Anterior (NRA)

5- Qual dos seguintes **NÃO** é um método usado pelos endotérmicos para esquentar o corpo em temperaturas baixas? **Descritor: BNCC.EM**

Ciências: EM13CNT207, EM13CNT306

- F) Termogênese não-transmissora
- G) Vasoconstrição
- H) Tremor
- I) Ofegar
- J) Movimentar

6- Qual a resposta provável de um ser ectodérmico se a temperatura ambiental aumentar 10°C? **Descritor: BNCC.EM Ciências: EM13CNT207, EM13CNT306**

- F) Irá se realocar para uma área mais fria e sombreada
- G) Vai começar a tremer
- H) Ele vai começar a suar
- I) Ele vai experimentar uma vasodilatação
- J) Ele vai desenvolver uma maior absorção de água

7- Qual das seguintes adaptações produziria um aumento na temperatura corporal de um ser ectodérmico? **Descritor: BNCC.EM Ciências: EM13CNT207, EM13CNT306.**

Escolha 2 respostas.

- H) Aquecer-se numa pedra
- I) Metabolismo de gordura marrom
- J) Aconchegar
- K) Procurar sombra
- L) Diminuir seu metabolismo
- M) Aumentar a sudorese
- N) Alimentar-se de proteínas

8- Observe a tirinha abaixo. Com base no seu conhecimento atual sobre Termodinâmica, elabore comentários sobre o conteúdo nela contido: **Descritor: BNCC.EM Ciências: EM13CNT207, EM13CNT306**



Fonte: <https://sites.google.com/site/fisicaprofjanieal/tirinhas/calor>. Acesso em 13/07/2022.

**MUITO
OBRIGADO!**
