

MNPEF

Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENADORIA GERAL DE PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – MNPEF**

ONÉLIO DE ABREU XAVIER

**A INFLUÊNCIA DO JOGO DA MEMÓRIA NO ENSINO DE TERMOLOGIA PARA
ALUNOS COM AUTISMO EM UM CONTEXTO INCLUSIVO**

**TERESINA
2024**

ONÉLIO DE ABREU XAVIER

**A INFLUÊNCIA DO JOGO DA MEMÓRIA NO ENSINO DE TERMOLOGIA PARA
ALUNOS COM AUTISMO EM UM CONTEXTO INCLUSIVO**

Dissertação de Mestrado/Produto Educacional apresentada à Coordenação do Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física MNPEF - Polo 26, da Universidade Federal do Piauí (UFPI) como requisito para obtenção do grau de Mestre em Ensino de Física.

Linha de Pesquisa: Recursos Didáticos para o Ensino de Física.

Orientador: Dr. Paulo Henrique Ribeiro Barbosa

TERESINA

2024

FICHA CATALOGRÁFICA
Universidade Federal do Piauí
Sistema de Bibliotecas UFPI - SIBi/UFPI
Biblioteca Setorial do CCN

X3i Xavier, Onélio de Abreu.
A influência do jogo da memória no ensino de termologia para alunos com autismo em um contexto inclusivo / Onélio de Abreu Xavier. – Teresina, 2024.
131 f. : il.

Dissertação (Mestrado Profissional) - Universidade Federal do Piauí. Centro de Ciências da Natureza. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Teresina, 2024.
“Orientador: Prof. Dr. Paulo Henrique Ribeiro Barbosa”.

1. Física - Estudo e Ensino. 2. Transtorno do Espectro Autista - TEA. 3. Recurso didático - jogo da memória. 4. Termologia. 5. Inclusão. I. Barbosa, Paulo Henrique Ribeiro. II. Título.

CDD 530.7

Bibliotecária: Caryne Maria da Silva Gomes - CRB3/1461



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENADORIA GERAL DE PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – UFPI
e-mail: mnpef@ufpi.edu.br

ATA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
DE ONÉLIO DE ABREU XAVIER

Às nove horas do dia dezoito de agosto de dois mil e vinte e quatro, reuniu-se no auditório do Departamento de Física do Centro de Ciências da Natureza da Universidade Federal do Piauí, no Campus Ministro Petrônio Portella, a Comissão Julgadora da dissertação intitulada "**A INFLUÊNCIA DO JOGO DA MEMÓRIA NO ENSINO INCLUSIVO PARA ALUNOS COM TRANSTORNO DO ESPECTRO AUTISTA (TEA)**" do discente Onélio de Abreu Xavier, composta pelos professores Paulo Henrique Ribeiro Barbosa (orientador, UFPI), Antônio Macedo Filho (UESPI) e Cláudia Andriana de Sousa Melo (UFPI) para a sessão de defesa pública do citado trabalho, requisito para a obtenção do título Mestre em Ensino de Física. Abrindo a sessão o Orientador e Presidente da Comissão, Prof. Paulo Henrique Ribeiro Barbosa, após dar a conhecer aos presentes o teor das Normas Regulamentares da defesa da Dissertação, passou a palavra ao discente para apresentação de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos membros da Comissão Julgadora e respectiva defesa do discente. Nesta ocasião foram solicitadas correções no texto escrito, as quais foram acatadas de imediato. Logo após, a Comissão se reuniu, sem a presença do discente e do público, para julgamento e expedição do resultado final. O aluno foi considerado **APROVADO**, por unanimidade, pelos membros da Comissão Julgadora, à sua dissertação. O resultado foi então comunicado publicamente ao discente pelo Presidente da Comissão. Registrando que a confecção do diploma está condicionada à entrega da versão final da dissertação à CPG após o prazo estabelecido de 60 dias, de acordo com o artigo 39 da Resolução No 189/07 do CONSELHO DE ENSINO PESQUISA E EXTENSÃO DA UFPI. Nada mais havendo a tratar, o Presidente da Comissão Julgadora deu por encerrado o julgamento que tem por conteúdo o teor desta Ata que, após lida e achada conforme, será assinada por todos os membros da Comissão para fins de produção de seus efeitos legais. Teresina-PI, 19 de agosto de 2024.

Prof. Paulo Henrique Ribeiro Barbosa

Prof. Antônio Macedo Filho

Prof. Cláudia Adriana de Sousa Melo

Documento assinado digitalmente

PAULO HENRIQUE RIBEIRO BARBOSA

Data: 19/08/2024 17:39:53-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Documento assinado digitalmente

ANTONIO DE MACEDO FILHO

Data: 21/08/2024 08:58:54-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Documento assinado digitalmente

CLAUDIA ADRIANA DE SOUSA MELO

Data: 22/08/2024 17:24:58-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dedico este trabalho aos alunos autistas do ensino médio, cuja força e resiliência inspiram a todos nós. Vocês nos ensinam diariamente sobre perseverança, criatividade e o verdadeiro significado da inclusão. Que cada conquista seja um lembrete de que o impossível é apenas uma questão de perspectiva.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por me conceder força e sabedoria para seguir adiante e concluir esta dissertação.

A meu pai Joaquim Magalhães Xavier (*in memoriam*), que sempre me apoiou e confiou em mim, e à minha avó Florência Magalhães Xavier (*in memoria*), que me acolheu e cuidou de mim desde a minha infância. Às minhas tias Francisca das Chagas Xavier (*in memoriam*) e Julia Magalhães Xavier (*in memoriam*), que ajudaram minha avó a me criarem, meu eterno agradecimento.

Aos meus tios Manoel Magalhães Xavier, Maria da Penha Magalhães Xavier (*in memoriam*) e Maria da Conceição Xavier (*in memoriam*). Foram eles que cuidaram de mim desde os 12 anos de idade, quando fui morar com eles em Teresina-PI. Com o apoio e proteção deles, completei o ensino fundamental, médio e superior. Devo a eles tudo que sou hoje, pois seus ensinamentos foram os mais importantes que tive na minha vida.

Agradeço à Universidade Federal do Piauí (UFPI) por ter me proporcionado uma formação de excelência na graduação e, agora, no mestrado. Esta instituição tem sido um pilar fundamental em minha trajetória acadêmica, oferecendo recursos e apoio indispensáveis para a realização desta pesquisa.

À CAPES pelo apoio financeiro, e à SBF, pela contribuição significativa na formação de professores de Física a nível de mestrado. O trabalho de ambas as instituições é vital para o desenvolvimento da educação no Brasil, e sou grato por terem possibilitado minha capacitação profissional.

Ao meu orientador, Professor Dr. Paulo Henrique Ribeiro Barbosa, cuja orientação e conhecimento foram essenciais para a concretização deste trabalho. Sua dedicação e expertise me inspiraram a alcançar novos patamares acadêmicos.

Aos meus amigos e colegas mestrados, que me acompanharam nesta jornada de dois anos de estudos e pesquisa. A troca de experiências e o apoio mútuo foram fundamentais para o sucesso desta caminhada.

Agradeço à SEDUC-PI por me conceder afastamento para a realização da pesquisa e ao Colégio Militar Tiradentes V (CMT) por ter permitido a execução deste estudo, oferecendo condições para que tudo fosse realizado da melhor maneira possível.

À minha esposa, Joseane Pereira Lima, agradeço pelo apoio nas horas difíceis e pela força inabalável. Sua dedicação como mãe de um filho autista e seu amor constante foram essenciais para que eu pudesse continuar.

Por fim, ao meu filho Davi Lima Xavier, dedico este trabalho. Sem ele, esta pesquisa não teria tomado este rumo. Foi graças à sua condição de autista que pude sentir na pele, como pai e professor, a necessidade de buscar inclusão, melhores condições de aprendizado e permanência na escola. Davi, você é a minha maior inspiração e motivação. Este trabalho é uma homenagem ao seu espírito resiliente e à esperança de um futuro mais inclusivo para todos.

“A inclusão é o reconhecimento da diversidade como um elemento enriquecedor, e não como um obstáculo a ser superado. Para indivíduos com Transtorno do Espectro Autista, a verdadeira inclusão significa a criação de ambientes que não apenas aceitam, mas também celebram suas diferenças” (Grandin, 2013, p. 23).

RESUMO

Esta pesquisa propõe uma abordagem inovadora para o ensino de Termologia, utilizando o Método Ativo e o jogo da memória como ferramentas pedagógicas. Inspirado na teoria sociocultural de Vygotsky, com foco na interação social, zona de desenvolvimento proximal e mediação, busca-se promover a inclusão de alunos com Transtorno do Espectro Autista (TEA). A pesquisa foi conduzida de forma exploratória e qualitativa no Colégio Militar Tiradentes V, em Timon-MA, com vinte e cinco alunos do segundo ano, incluindo dois alunos autistas. Os resultados indicaram que o jogo da memória foi eficaz em facilitar a compreensão, engajamento e inclusão de alunos com TEA. Os alunos com TEA demonstraram engajamento e apropriação dos conceitos de Termologia, comparável ao desempenho dos alunos sem diagnóstico. A experiência de jogar em conjunto reforçou um ambiente educacional inclusivo, promovendo colaboração e aprendizagem equitativa. Os dados coletados mostraram que a metodologia do jogo não só facilitou a aprendizagem dos conceitos de Termologia, mas também promoveu a inclusão e igualdade de oportunidades no processo educacional. Por fim, a experiência positiva relatada por todos os alunos indica que estratégias pedagógicas inclusivas são essenciais para o desenvolvimento de um ambiente educacional equitativo e de qualidade. Essa abordagem não apenas facilitou a participação e o aprendizado dos alunos com TEA, mas também enriqueceu a experiência educacional de todos os envolvidos, promovendo um ambiente de aprendizagem colaborativo e respeitoso.

Palavras-chave: Termologia; Método Ativo; Inclusão; TEA (Transtorno do Espectro Autista); Vygotsky.

ABSTRACT

This research proposes an innovative approach to teaching Thermology, utilizing Active Learning and a memory game as pedagogical tools. Inspired by Vygotsky's sociocultural theory, with a focus on social interaction, the zone of proximal development, and mediation, the study aims to promote the inclusion of students with Autism Spectrum Disorder (ASD). The research was conducted in an exploratory and qualitative manner at Colégio Militar Tiradentes V in Timon-MA, involving twenty-five second-year students, including two students with ASD. The results indicated that the memory game was effective in facilitating comprehension, engagement, and inclusion for students with ASD. Students with ASD demonstrated engagement and understanding of Thermology concepts comparable to the performance of typical students. The joint gameplay experience reinforced an inclusive educational environment, promoting collaboration and equitable learning. Data collected showed that the methodology of the game not only facilitated the learning of Thermology concepts but also promoted inclusion and equal opportunities in the educational process. Finally, the positive experience reported by all students indicates that inclusive pedagogical strategies are essential for developing an equitable and high-quality educational environment. This approach not only facilitated participation and learning for students with ASD but also enriched the educational experience for all participants, fostering a collaborative and respectful learning environment.

Keywords: Thermology; Active Learning; Inclusion; Autism Spectrum Disorder (ASD); Vygotsky.

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1	– Dois dispositivos para medir temperatura	31
Figura 3.2	– A lei zero da termodinâmica	32
Figura 3.3	– Relações entre as escalas Kelvin (K), Celsius (°C) e Fahrenheit (°F)	35
Figura 3.4	– Exemplos de dilatação térmica	36
Figura 3.5	– Variação do comprimento da barra com a temperatura	37
Figura 3.6	– Forças interatômicas e energia potencial	31
Figura 3.7	– Variação do volume de água com a temperatura (0 °C a 100 °C)	43
Figura 3.8	– Condução de calor em uma barra uniforme	53
Figura 3.9	– Dispositivo hipotético para estudar gases	59
Figura 3.10	– Interações energéticas em sistemas termodinâmicos	62
Figura 3.11	– Trabalho realizado por uma molécula durante interação com um pistão	63
Figura 3.12	– Trabalho realizado por uma molécula durante interação com um pistão	67
Figura 3.13	– Etapas do ciclo de Carnot	68
Figura 5.1	– Cartas Coringas	74

LISTA DE QUADROS

Quadro 6.1 – Principais dificuldades dos alunos em Termologia	77
Quadro 6.2 – Contato prévio com calor e temperatura	78
Quadro 6.3 – Dificuldades com as equações matemáticas da Termologia	79
Quadro 6.4 – Dificuldades na compreensão dos conceitos físicos em Termologia	80
Quadro 6.5 – Opinião dos alunos sobre gráficos e diagramas em Termologia	81
Quadro 6.6 – Avaliação do ritmo das aulas de Termologia	82
Quadro 6.7 – Avaliação sobre aulas de reforço ou tutorias específicas em Termologia	83

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Coeficientes de dilatação linear	40
Tabela 3.2 – Coeficientes de dilatação volumétrica	41
Tabela 3.3 – Calor específico	49
Tabela 3.4 – Calor latente	51
Tabela 6.1 – Nível de satisfação dos alunos com o Jogo da Memória	83
Tabela 6.2 – Impacto do Jogo da Memória no entendimento de Termologia	84
Tabela 6.3 – Conceitos mais difíceis de entender durante o Jogo da Memória	85
Tabela 6.4 – Avaliação dos conceitos de Termologia mais acessíveis	86
Tabela 6.5 – Avaliação da clareza das instruções do Jogo da Memória	87
Tabela 6.6 – Avaliação do <i>Design</i> do Jogo	88
Tabela 6.7 – Avaliação do nível de desafio do Jogo da Memória	90
Tabela 6.8 – Problemas técnicos durante o Jogo da Memória	91
Tabela 6.9 – Recomendação do Jogo da Memória sobre Termologia	92
Tabela 6.10 – Sugestões de funcionalidade ou melhoria para o Jogo da Memória	93

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 Problema	16
1.2 Objetivos	16
1.2.1 Objetivo Geral	16
1.2.2 Objetivos Específicos	16
1.3 Justificativa	16
1.4 Estruturação da Pesquisa	17
2 ENSINO INCLUSIVO DE FÍSICA PARA ALUNOS COM TEA: UTILIZAÇÃO DE UM JOGO DA MEMÓRIA SOB PERSPECTIVAS DE VYGOTSKY	19
2.1 Teoria Sociocultural de Vygotsky	19
2.1.1 Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP)	19
2.1.2 Mediação em Tecnologia Assistiva (TA)	20
2.2 Transtorno do Espectro Autista (TEA)	22
2.3 Educação Inclusiva: Políticas e Práticas no Brasil	24
2.4 Jogo da Memória como um Recurso Ativo	26
2.5 Pistas visuais: um recurso Visual no Contexto do Jogo da Memória	28
3 UMA IMERSÃO SOBRE A TERMOLOGIA	31
3.1 Temperatura e Calor: Conceitos Fundamentais da Termodinâmica	31
3.2 As Escalas Termométricas	32
3.2.1 A Escala Kelvin e a Temperatura Absoluta	34
3.3 Dilatação Térmica (Expansão Térmica)	35
3.3.1 Dilatação Térmica dos Sólidos	35
3.3.2 Dilatação Linear	37
3.3.3 Dilatação Volumétrica	40
3.3.4 Dilatação térmica da água	42
3.3.4.1 Propriedades anômalas da água	43
3.3.5 Tensão térmica	44
3.4 Quantidade de Calor	46
3.4.1 Diferença entre Calor e Temperatura	46
3.4.2 Unidades de Calor e Energia	47
3.4.3 Calor Específico	48
3.4.4 Calorimetria e Transições de Fase: O Papel do Calor Latente	49
3.5 Mecanismos de transferência	52
3.5.1 Condução	52

3.5.2 Convecção	55
3.5.3 Radiação	56
3.6 Propriedades Térmicas da Matéria	57
3.6.1 Equações de estado	57
3.6.1.1 Equação do gás ideal	58
3.7 A Primeira Lei da Termodinâmica	61
3.7.1 Sistemas Termodinâmicos	62
3.7.2 Trabalho realizado durante variações de volume	63
3.7.3 Energia interna e a primeira lei da termodinâmica	64
3.7.4 Tipos de processos termodinâmicos	65
3.8 A Segunda Lei da Termodinâmica	66
3.8.1 Máquinas térmicas	66
3.8.2 O ciclo de Carnot	68
4 METODOLOGIA	70
4.1 Caracterização da Pesquisa	70
4.2 Participantes da Pesquisa	70
4.3 Técnicas e Instrumentos de Produção/Coleta de Dados	71
4.4 Procedimentos de Análise de Dados	72
5 PRODUTO EDUCACIONAL	74
5.1 Descrição do Jogo	74
5.2 Apresentação das Regras do Jogo	76
5.2.1 Objetivo	76
5.2.2 Como jogar	76
6 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS	77
6.1 Análise dos dados do Questionário Inicial (Teste I)	77
6.2 Análise dos dados do Questionário Final (Teste II)	83
6.3 Análise dos Resultados da Educação Inclusiva através do Jogo da Memória	94
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	97
REFERÊNCIAS	100
APÊNDICE A – Questionário sobre as dificuldades em Termologia	104
APÊNDICE B – Teste de satisfação sobre o Jogo da Memória	106
APÊNDICE C – Produto Educacional	109

1 INTRODUÇÃO

A física, como área de conhecimento, é fundamental para compreendermos os fenômenos naturais que nos rodeiam. Contudo, seu ensino muitas vezes enfrenta desafios significativos, especialmente em relação à desmotivação dos alunos. O aprendizado passivo, baseado apenas na transmissão de conteúdo, não é mais suficiente para engajar os estudantes. Nesse contexto, surgem os métodos ativos, como alternativas eficazes para estimular o interesse e a participação dos alunos (Dias, 2021; Tébar, 2023).

Os métodos ativos envolvem os alunos de maneira ativa em seu próprio processo de aprendizagem, promovendo a construção do conhecimento de forma mais significativa e duradoura. Um desses métodos é o jogo da memória, que se destaca por sua capacidade de estimular o raciocínio, a concentração e a interação social (Cunha, 2023; Tébar, 2023).

No entanto, ao considerarmos o cenário da Educação Inclusiva, é imprescindível atentar para as necessidades específicas dos alunos, em particular daqueles com Transtorno do Espectro Autista (TEA). Garantir a participação e o aprendizado significativo desses alunos requer estratégias pedagógicas adequadas e sensíveis às suas características individuais (Negreiros, 2023).

Diante desse panorama, surge a seguinte problemática: como promover o engajamento e a compreensão dos alunos com TEA nos conteúdos de Termologia, utilizando o jogo da memória como método ativo?

Partindo da hipótese de que a utilização de jogos da memória, aliada à mediação e interação social, pode contribuir para o engajamento e compreensão dos alunos com TEA nos conteúdos de Termologia, propõe-se investigar como essa abordagem pode ser efetivamente implementada em sala de aula.

O jogo da memória, por sua natureza lúdica e desafiadora, pode despertar o interesse dos alunos com TEA, incentivando sua participação e favorecendo a assimilação dos conceitos de Termologia. A mediação do professor e a interação entre os alunos durante o jogo podem proporcionar um ambiente inclusivo e estimulante, no qual todos os estudantes sintam-se valorizados e envolvidos no processo de aprendizagem (Casanova, 2021).

Assim, acredita-se que a combinação do jogo da memória com uma abordagem inclusiva e mediada pelo professor pode ser uma estratégia eficaz para tornar o ensino de Termologia mais acessível e significativo para alunos com TEA.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Investigar o impacto da utilização de jogos da memória no ensino de Termologia para alunos com Transtorno do Espectro Autista (TEA), comparando seu efeito com o restante dos alunos da turma sem diagnóstico.

1.1.2 Objetivos Específicos

- a) Desenvolver um jogo da memória adaptado com conteúdo de Termologia para alunos com TEA;
- b) Analisar a percepção dos alunos com TEA sobre a utilização do jogo da memória como estratégia de ensino;
- c) Investigar os efeitos do jogo da memória como tecnologia assistiva na motivação e engajamento dos alunos com TEA e compará-los com os alunos sem diagnóstico durante o processo de aprendizagem de Termologia;
- d) Comparar o desempenho dos alunos, especialmente os que foram diagnosticados com TEA, na assimilação dos conceitos de Termologia utilizando o jogo da memória com métodos convencionais de ensino, visando identificar vantagens e desvantagens dessa abordagem educacional;
- e) Avaliar o desempenho dos alunos com TEA comparando esses resultados com os dados fornecidos pelos alunos sem diagnóstico na aprendizagem dos conteúdos de Termologia por meio do jogo da memória.

1.2 Justificativa

Esta pesquisa surge do interesse pessoal em contribuir para a educação inclusiva e da necessidade acadêmica de investigar práticas inovadoras no ensino de física, especialmente para alunos com TEA. A utilização de jogos da memória como ferramenta pedagógica pioneira na Instituição pode impactar positivamente o ensino de Termologia, abrindo novas possibilidades para a promoção da aprendizagem significativa.

1.3 Estruturação da Pesquisa

A presente pesquisa está organizada em sete capítulos que detalham o desenvolvimento, a implementação e a análise de um jogo da memória como ferramenta educacional inclusiva no ensino de Termologia para alunos com Transtorno do Espectro Autista (TEA).

I. Capítulo 1: Introdução

Este capítulo apresenta o problema de pesquisa, os objetivos gerais e específicos, a justificativa e a estruturação da pesquisa. Ele estabelece o contexto e a importância do estudo, além de delinear os passos que serão seguidos ao longo da pesquisa.

II. Capítulo 2: Ensino Inclusivo de Física para Alunos com TEA: Utilização de um Jogo da Memória sob Perspectivas de Vygotsky

Neste capítulo, discutimos a teoria sociocultural de Vygotsky, focando na Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) e na mediação em tecnologia assistiva. Em seguida, exploramos o Transtorno do Espectro Autista (TEA), políticas e práticas de educação inclusiva no Brasil, a utilização do jogo da memória como um recurso ativo para o ensino de física, e o uso das Pistas Visuais na elaboração do jogo da memória.

III. Capítulo 3: Uma Imersão sobre a Termologia

Este capítulo oferece uma revisão abrangente sobre os conceitos fundamentais de Termologia. Aborda temas como temperatura e calor, escalas termométricas, dilatação térmica, quantidade de calor, mecanismos de transferência de calor, propriedades térmicas da matéria, e as leis da termodinâmica. Cada seção é detalhada para fornecer uma base sólida para o desenvolvimento do jogo da memória.

IV. Capítulo 4: Metodologia

Aqui, descrevemos a caracterização da pesquisa, o campo empírico, os participantes, as técnicas e instrumentos de coleta de dados, e os procedimentos de análise de dados. Este

capítulo é crucial para compreender como a pesquisa foi conduzida e como os dados foram analisados para atingir os objetivos propostos.

V. Capítulo 5: Produto Educacional

Este capítulo apresenta o jogo da memória desenvolvido, incluindo uma descrição detalhada do jogo, as regras, o objetivo, e a descrição das peças. Explicamos como o jogo foi adaptado para atender às necessidades dos alunos com TEA e como ele foi implementado no contexto educacional.

VI. Capítulo 6: Análise e Discussão dos Dados

Neste capítulo, analisamos os dados coletados a partir de questionários aplicados antes e depois da utilização do jogo. A análise inclui a percepção dos alunos com TEA e dos alunos típicos da turma, o impacto na motivação e engajamento, e a comparação do desempenho entre os métodos convencionais de ensino e o jogo da memória. Uma seção específica é dedicada à análise dos resultados da educação inclusiva através do jogo da memória.

VII. Capítulo 7: Considerações Finais

O capítulo final resume os principais achados da pesquisa, discute se os objetivos foram alcançados e oferece recomendações para futuras pesquisas. Concluímos com uma reflexão sobre a eficácia do jogo da memória como ferramenta inclusiva no ensino de Termologia e seu potencial para transformar práticas educacionais.

VIII. Referências

Esta seção lista todas as fontes citadas ao longo da pesquisa, oferecendo suporte bibliográfico e permitindo a verificação e aprofundamento dos leitores interessados.

IX. Apêndices

Os apêndices incluem os questionários aplicados (Apêndice A e B) e uma descrição detalhada do produto educacional desenvolvido (Apêndice C).

2 ENSINO INCLUSIVO DE FÍSICA PARA ALUNOS COM TEA: UTILIZAÇÃO DE UM JOGO DA MEMÓRIA SOB PERSPECTIVAS DE VYGOTSKY

2.1 Teoria Sociocultural de Vygotsky

Vygotsky (1991) propõe, por meio de sua teoria, uma análise dos aspectos específicos do comportamento humano e como essas especificidades se desenvolvem ao longo da história e da vida das pessoas. Ele destaca a influência do ambiente físico e social no desenvolvimento individual, bem como a importância da utilização de instrumentos e do desenvolvimento da linguagem.

Essa abordagem de Vygotsky enfatiza a interação entre o indivíduo e seu ambiente, destacando como o contexto cultural e social molda o desenvolvimento humano. Além disso, destaca a relevância dos instrumentos e da linguagem como mediadores do desenvolvimento cognitivo e social (Coelho; Pisoni, 2021).

Dentro do contexto da Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), esses elementos ganham ainda mais importância para alunos com TEA. Compreender como o ambiente físico e social pode ser modificado para oferecer suporte ao desenvolvimento desses alunos é crucial. Da mesma forma, reconhecer o papel dos instrumentos e da linguagem na mediação do aprendizado e na promoção da interação social é fundamental para criar ambientes educacionais inclusivos e eficazes para esses indivíduos.

Após a análise da Teoria Sociocultural de Vygotsky e sua ênfase na interação entre o indivíduo e seu ambiente, a próxima seção se concentrará na Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP). Esta seção explorará como a ZDP oferece uma visão essencial para compreender o desenvolvimento potencial dos alunos, especialmente no contexto de intervenções educacionais.

2.1.1 Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP)

A Teoria de Vygotsky destaca o conceito fundamental da Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), o qual possui implicações importantes para a compreensão do desenvolvimento de alunos com Transtorno do Espectro Autista (TEA).

Tradicionalmente, o desenvolvimento é avaliado com base nas habilidades já adquiridas pela criança, refletindo seu nível de desenvolvimento real. No entanto, Vygotsky (2001), argumenta que esse método não considera as potencialidades da criança, ou seja, o que ela é

capaz de alcançar com a ajuda de um tutor mais experiente. Portanto, é crucial entender o nível de desenvolvimento potencial, que envolve as capacidades em processo de desenvolvimento e que podem ser fortalecidas com a intervenção externa.

Vygotsky (1991) enfatiza que o benefício da intervenção de um tutor não é uniforme, pois varia de acordo com a história individual de cada criança. Ele sugere que as crianças reconstruam e reelaborem os significados culturais transmitidos pelo grupo, o que leva a uma constante recriação da cultura ao longo do tempo (Coelho; Pisoni, 2021).

A ZDP, conforme definida por Vygotsky, representa a trajetória em direção à consolidação das funções psicológicas em desenvolvimento. É o espaço onde as funções em processo de amadurecimento podem se tornar plenamente desenvolvidas. Nesse sentido, a interação com um tutor mais experiente desempenha um papel crucial, pois contribui para o desenvolvimento de habilidades culturalmente apropriadas (Siqueira; Goi, 2022).

Portanto, a compreensão da ZDP pode informar práticas educacionais para alunos com TEA, oferecendo insights sobre como promover seu desenvolvimento. A ZDP pode ser uma ferramenta poderosa para diagnósticos e intervenções educacionais, fornecendo uma abordagem mais significativa para atender às necessidades específicas desses alunos.

Dando continuidade ao tema da mediação em Tecnologia Assistiva (TA) e seu papel crucial na inclusão educacional, a próxima seção abordará o Transtorno do Espectro Autista (TEA). Vamos examinar a origem e a evolução do conceito de autismo, desde as primeiras descrições até os avanços mais recentes no diagnóstico e na compreensão do TEA. Também serão discutidas as principais características do transtorno, as taxas de prevalência e os desafios enfrentados por pessoas com TEA. Essa visão geral ajudará a entender melhor a importância de práticas inclusivas na educação e como essas práticas podem ser ajustadas para atender às necessidades específicas dos alunos com TEA.

Em sequência, abordaremos a Mediação em Tecnologia Assistiva (TA), destacando o papel do professor na utilização de recursos tecnológicos para facilitar o aprendizado de alunos com TEA. A seção mostrará como a TA pode ser uma ferramenta eficaz para personalizar a educação e promover a inclusão desses alunos no ambiente escolar.

2.1.2 Mediação em Tecnologia Assistiva (TA)

O professor desempenha um papel fundamental ao intermediar o acesso dos alunos com TEA ao conhecimento, utilizando a mediação em Tecnologia Assistiva (TA) como uma estratégia eficaz. Essa mediação, baseada nos princípios da Zona de Desenvolvimento Proximal

(ZDP) de Vygotsky, busca criar condições favoráveis para o desenvolvimento cognitivo e social desses alunos (Alves, 2023).

Libâneo (2004) destaca a importância da mediação docente na facilitação do processo de aprendizagem, enfatizando a necessidade de competências específicas por parte do professor para tornar suas intervenções significativas. Dentro desse contexto, a escola se apresenta como o ambiente principal para o desenvolvimento dos alunos com TEA, e o professor atua como mediador, potencializando sua aprendizagem e atuando na ZDP.

Vygotsky (1991), Coelho e Pisoni (2021) ressaltam o papel do professor na criação de condições de aprendizagem por meio de práticas pedagógicas intencionais, permitindo que os alunos se apropriem dos conhecimentos de forma significativa e os integrem em sua estrutura cognitiva. Nesse sentido, a mediação em TA surge como uma estratégia eficaz para organizar o trabalho educativo, facilitando a apropriação dos conteúdos curriculares pelos alunos com TEA.

De Sousa e Da Silva (2023) enfatizam que os recursos de acessibilidade fornecem uma alternativa bem-sucedida para a promoção da aprendizagem e do desenvolvimento desses alunos, permitindo-lhes significar o mundo de maneira mediada pelo outro. A TA, por meio de recursos adaptados e estratégias mediadoras, possibilita uma educação inclusiva que valoriza as potencialidades individuais dos alunos com TEA.

No contexto da mediação em TA, as Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) desempenham um papel significativo, conforme destacado por Oliveira (2023). O uso adequado dessas tecnologias pode enriquecer a formação dos alunos com TEA e promover sua inclusão social, proporcionando diversas formas de aprendizagem.

Ao reconhecer e acompanhar a singularidade do desenvolvimento dos alunos com TEA, a mediação em TA contribui para uma mudança de paradigma, superando a segregação histórica e promovendo uma perspectiva que valoriza suas capacidades e potencialidades. Por meio dessa mediação, os alunos desenvolvem novas formas de adaptação e superação, permitindo-lhes acessar o conhecimento de maneira eficaz e significativa (Souza; Silva, 2019).

Deste modo, a mediação em TA cria um ambiente propício para o desenvolvimento dos alunos com TEA, proporcionando-lhes oportunidades de aprendizagem que consideram suas necessidades individuais. O papel do professor como mediador é fundamental para garantir uma educação inclusiva e acessível, preparando os alunos para enfrentar os desafios da vida de forma autônoma e significativa.

2.2 Transtorno do Espectro Autista (TEA)

A palavra “autismo” tem sua origem na palavra grega “autos”, que significa “próprio” ou “eu”, e “ismo”, indicando um estado ou condição. Essa raiz etimológica reflete a característica essencial que Kanner e Asperger destacaram, descrevendo indivíduos que parecem estar excepcionalmente absorvidos em si mesmos (Pereira, 1996). Isso implica que pessoas com autismo tendem a centrar-se em seu próprio mundo, muitas vezes perdendo o interesse pelo mundo ao seu redor (Marques, 2003, citado por Pereira, 2006). Portanto, o autismo pode ser entendido como um estado no qual o indivíduo demonstra uma absorção incomum em si mesmo.

A origem do termo “autismo” remonta a 1916, quando o psiquiatra suíço Eugene Bleuler o utilizou para descrever certos sintomas da esquizofrenia. No entanto, apenas nas décadas de 70 e 80 é que o autismo deixou de ser associado erroneamente a uma forma de psicose, graças aos avanços científicos e contribuições de pesquisadores como Christian Gauderer e outros, tanto nacional quanto internacionalmente. Esses estudos esclareceram sintomas como a falta ou atraso na fala e linguagem, dificuldades na compreensão da realidade, uso inadequado de palavras, dificuldades de relacionamento interpessoal e reações intensas a estímulos sensoriais (Schmidt, 2014).

O Transtorno do Espectro Autista foi inicialmente descrito pelo psiquiatra Leo Kanner na Áustria, na década de 1940, com base na observação de 11 crianças que apresentavam alterações nas relações sociais, na comunicação e no comportamento. Hans Asperger, em 1944, também contribuiu com suas observações, propondo o conceito de “Psicopatía Autística”, caracterizada por graves dificuldades na interação social. Ele detalhou casos clínicos, incluindo histórico familiar, aspectos físicos e comportamentais, além de destacar a importância da educação para esses indivíduos (Santos, 2020).

As descrições de Kanner estabeleceram o quadro clássico do autismo, que ainda é amplamente reconhecido. Esse quadro inclui a tríade diagnóstica presente na Classificação Internacional de Doenças (CID-10) e no Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais (DSM-IV): dificuldade significativa em desenvolver relações interpessoais, distúrbios na linguagem verbal e não verbal, e tendência à rotina e comportamentos repetitivos (Mas, 2018).

No DSM-IV, a prevalência do Transtorno Autista foi relatada em aproximadamente 15 casos por 10.000 indivíduos, com variações de 2 a 20 casos por 10.000 indivíduos. No entanto, não estava claro se as taxas mais altas refletiam diferenças metodológicas ou um aumento real

na frequência do transtorno. Já no DSM-V, a prevalência do TEA foi descrita como atingindo cerca de 1% da população nos Estados Unidos e em outros países, tanto em amostras de crianças quanto de adultos. A incerteza persistia sobre se as taxas mais altas refletiam mudanças nos critérios diagnósticos, maior conscientização, diferenças metodológicas nos estudos ou um aumento real na frequência do transtorno (Matson *et al.*, 2012).

Considerando os dados dos EUA e do Brasil, usando as estatísticas anteriores do DSM-IV, havia aproximadamente 487,5 mil casos diagnosticados nos EUA e 310,5 mil no Brasil. No entanto, dados atualizados indicam que o número de casos pode chegar a 3,25 milhões nos EUA e 2,7 milhões no Brasil. Isso representa um aumento significativo em comparação com as estimativas anteriores, com uma prevalência atual de cerca de 1 caso para cada 68 crianças, representando um aumento de aproximadamente 50% em relação à estimativa anterior de 1% indicada na quarta edição do DSM (Mas, 2018; Costa, 2023).

Essas mudanças na prevalência refletem uma compreensão mais ampla do espectro autista, que inclui não apenas os casos mais graves, mas também casos mais sutis ou subliminares. Essa compreensão expandida, juntamente com uma maior conscientização e aprimoramentos na metodologia de estudo, contribuiu para o aumento na identificação e no diagnóstico do transtorno do espectro autista.

Entretanto, durante um período que se estendeu de 1943 a 1963, o autismo foi erroneamente considerado um transtorno emocional causado pela falta de afeto dos pais. No entanto, essa hipótese foi posteriormente rejeitada em favor da compreensão do autismo como uma alteração cognitiva, sugerindo ser um transtorno cerebral presente desde os primeiros anos de vida (Bowlby, 2023).

Estudos posteriores, como os de Baron-Cohen, Leslie e Frith (1986), focaram nas deficiências na capacidade de representação, ou teoria da mente, como chave para compreender o autismo. Na neurologia, pesquisas em genética, neuroquímica, citologia, eletrofisiologia e outras áreas identificaram alterações que podem contribuir para o desenvolvimento do autismo.

Portanto, o Transtorno do Espectro Autista é caracterizado por limitações na comunicação, interação social e comportamento, podendo variar em intensidade de acordo com o indivíduo. É importante destacar que o TEA abrange uma ampla gama de níveis de gravidade, desde leve até severo, e cada pessoa com autismo é única, com diferentes capacidades intelectuais (Ousley; Cermak, 2014). Dessa forma, não se deve generalizar o autismo, mas sim compreender as características específicas dessa condição.

O entendimento e a abordagem do Transtorno do Espectro Autista (TEA) estão intrinsecamente ligados à visão inclusiva da educação. A compreensão do TEA como uma

condição que demanda atenção específica no ambiente educacional se entrelaça com os princípios da educação inclusiva, que visa atender às necessidades de todos os estudantes, independentemente de suas características individuais. Neste contexto, a seção seguinte discutirá as políticas e práticas de educação inclusiva no Brasil, destacando como a legislação e as diretrizes educacionais abordam a inclusão de pessoas com deficiência, transtornos do desenvolvimento e altas habilidades.

2.3 Educação Inclusiva: Políticas e Práticas no Brasil

A educação inclusiva é uma abordagem que valoriza a diversidade, garantindo que todos os estudantes, independentemente de suas características individuais, tenham suas necessidades atendidas em um ambiente propício ao aprendizado. Essa visão, embasada na Declaração de Salamanca de 1994, é respaldada no Brasil pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação (Lei nº 9.394/96) e por diversos outros instrumentos legais e normativos.

CAPÍTULO V DA EDUCAÇÃO ESPECIAL

Art. 58. Entende-se por educação especial, para os efeitos desta Lei, a modalidade de educação escolar, oferecida preferencialmente na rede regular de ensino, para educandos portadores de necessidades especiais.

Art. 58. Entende-se por educação especial, para os efeitos desta Lei, a modalidade de educação escolar oferecida preferencialmente na rede regular de ensino, para educandos com deficiência, transtornos globais do desenvolvimento e altas habilidades ou superdotação. (Redação dada pela Lei nº 12.796, de 2013)

§ 1º Haverá, quando necessário, serviços de apoio especializado, na escola regular, para atender às peculiaridades da clientela de educação especial.

§ 2º O atendimento educacional será feito em classes, escolas ou serviços especializados, sempre que, em função das condições específicas dos alunos, não for possível a sua integração nas classes comuns de ensino regular.

§ 3º A oferta de educação especial, dever constitucional do Estado, tem início na faixa etária de zero a seis anos, durante a educação infantil.

§ 3º A oferta de educação especial, nos termos do caput deste artigo, tem início na educação infantil e estende-se ao longo da vida, observados o inciso III do art. 4º e o parágrafo único do art. 60 desta Lei. (Redação dada pela Lei nº 13.632, de 2018)

Art. 59. Os sistemas de ensino assegurarão aos educandos com necessidades especiais:

Art. 59. Os sistemas de ensino assegurarão aos educandos com deficiência, transtornos globais do desenvolvimento e altas habilidades ou superdotação: (Redação dada pela Lei nº 12.796, de 2013)

I - Currículos, métodos, técnicas, recursos educativos e organização específicos, para atender às suas necessidades;

II - Terminalidade específica para aqueles que não puderem atingir o nível exigido para a conclusão do ensino fundamental, em virtude de suas deficiências, e aceleração para concluir em menor tempo o programa escolar para os superdotados;

III - Professores com especialização adequada em nível médio ou superior, para atendimento especializado, bem como professores do ensino regular capacitados para a integração desses educandos nas classes comuns;

IV - Educação especial para o trabalho, visando a sua efetiva integração na vida em sociedade, inclusive condições adequadas para os que não revelarem capacidade de inserção no trabalho competitivo, mediante articulação com os órgãos oficiais afins, bem como para aqueles que apresentam uma habilidade superior nas áreas artística, intelectual ou psicomotora;

V - Acesso igualitário aos benefícios dos programas sociais suplementares disponíveis para o respectivo nível do ensino regular.

Art. 59-A. O poder público deverá instituir cadastro nacional de alunos com altas habilidades ou superdotação matriculados na educação básica e na educação superior, a fim de fomentar a execução de políticas públicas destinadas ao desenvolvimento pleno das potencialidades desse alunado. (Incluído pela Lei nº 13.234, de 2015)

Parágrafo único. A identificação precoce de alunos com altas habilidades ou superdotação, os critérios e procedimentos para inclusão no cadastro referido no caput deste artigo, as entidades responsáveis pelo cadastramento, os mecanismos de acesso aos dados do cadastro e as políticas de desenvolvimento das potencialidades do alunado de que trata o caput serão definidos em regulamento.

Art. 60. Os órgãos normativos dos sistemas de ensino estabelecerão critérios de caracterização das instituições privadas sem fins lucrativos, especializadas e com atuação exclusiva em educação especial, para fins de apoio técnico e financeiro pelo Poder Público.

Parágrafo único. O Poder Público adotará, como alternativa preferencial, a ampliação do atendimento aos educandos com necessidades especiais na própria rede pública regular de ensino, independentemente do apoio às instituições previstas neste artigo.

Parágrafo único. O poder público adotará, como alternativa preferencial, a ampliação do atendimento aos educandos com deficiência, transtornos globais do desenvolvimento e altas habilidades ou superdotação na própria rede pública regular de ensino, independentemente do apoio às instituições previstas neste artigo. (Redação dada pela Lei nº 12.796, de 2013) (BRASIL, 1996).

Dessa forma, a legislação brasileira define a educação especial como uma modalidade de ensino oferecida preferencialmente na rede regular, abrangendo educandos com deficiência, transtornos globais do desenvolvimento e altas habilidades ou superdotação. Além disso, são estabelecidas diretrizes para garantir currículos, métodos e recursos educativos específicos, bem como formação adequada para os professores.

O atendimento educacional especializado é assegurado tanto em classes comuns quanto em serviços especializados, conforme as necessidades individuais dos alunos. É fundamental garantir acesso igualitário aos benefícios sociais e promover a integração dos educandos com deficiência na vida em sociedade, inclusive no mercado de trabalho (Mpu.; Adu, 2021).

O Brasil tem avançado na inclusão de pessoas com deficiência na educação, conforme evidenciado por diferentes políticas e diretrizes nacionais. No entanto, ainda há desafios a serem enfrentados, como a falta de estrutura e preparo das escolas para atender a todas as necessidades. É necessário que as instituições de ensino contem com setores de educação inclusiva e que haja uma constante revisão das práticas educacionais (Oliveira; Santiago; Teixeira, 2022).

A inclusão escolar não se resume apenas a cumprir leis, mas requer um ambiente acolhedor e participativo, onde todos se sintam parte do processo educativo. O respeito à individualidade de cada aluno e a promoção de sua autonomia são aspectos essenciais para o sucesso da inclusão. Portanto, é fundamental continuar debatendo e implementando políticas públicas que garantam o direito à educação para todos, visando superar os desafios da exclusão social (Nel *et al.*, 2016).

Dessa forma, a seção seguinte abordará o uso de metodologias ativas na educação inclusiva, com ênfase na utilização de jogos da memória como ferramentas pedagógicas. Especificamente, será discutido como o jogo da memória pode ser um recurso valioso para promover a aprendizagem ativa entre todos os alunos, incluindo aqueles com Transtorno do Espectro Autista (TEA). A seção destaca ainda, a importância de adaptar as atividades para atender às necessidades individuais dos alunos e explorar o potencial do jogo da memória para estimular a memória, a concentração e a interação social.

2.4 Jogo da Memória como um Recurso Ativo

A aprendizagem ativa é uma abordagem pedagógica que coloca o estudante como protagonista de seu próprio processo de aprendizagem. Nesse contexto, as metodologias ativas ganham destaque, pois proporcionam experiências de aprendizagem participativas e contextualizadas. Uma dessas metodologias é a Aprendizagem Baseada em Jogos, que utiliza jogos como ferramenta educacional para promover a construção do conhecimento de forma lúdica e engajadora (De Oliveira Diniz; De Souza, 2021). Um exemplo comum é o jogo da memória, no qual os participantes devem encontrar pares de cartas idênticas que foram previamente embaralhadas, exercitando a memória e a concentração.

Na Educação Inclusiva, é fundamental considerar as necessidades e potencialidades de todos os alunos, incluindo aqueles com Transtorno do Espectro Autista (TEA). A inclusão efetiva desses alunos na comunidade escolar requer estratégias pedagógicas que respeitem suas particularidades e ofereçam suporte adequado para seu desenvolvimento. Isso pode envolver a adaptação de atividades, o uso de recursos visuais e a valorização de suas habilidades individuais (Nel *et al.*, 2016).

A teoria sociocultural de Vygotsky oferece insights valiosos para a compreensão do processo de aprendizagem, destacando a importância da interação social e da mediação no desenvolvimento cognitivo. Segundo Vygotsky, o aprendizado ocorre em um contexto social, no qual os indivíduos interagem uns com os outros e com o ambiente ao seu redor (Siqueira; Goi, 2022). A Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) representa a distância entre o nível de desenvolvimento real do aluno e seu potencial de desenvolvimento sob orientação de um adulto ou de seus pares mais habilidosos. A mediação, por sua vez, refere-se ao papel do educador ou de outros indivíduos mais experientes em auxiliar o aluno a alcançar seu potencial máximo de aprendizagem, fornecendo suporte, orientação e desafios adequados (Alves, 2023).

Quando aplicada à Aprendizagem Baseada em Jogos, a teoria de Vygotsky ressalta a importância dos aspectos sociais e da interação entre os participantes. Os jogos oferecem oportunidades naturais para a colaboração, o diálogo e a resolução de problemas em grupo, criando um ambiente propício para a mediação entre pares e para a ampliação da Zona de Desenvolvimento Proximal. Além disso, os jogos podem ser adaptados para atender às necessidades específicas dos alunos com TEA, promovendo sua participação ativa e inclusão dentro do contexto educacional (Prensky, 2021).

Diante desse cenário, a seção seguinte discutirá a importância das pistas visuais como ferramentas adicionais ou contextuais que auxiliam na compreensão e execução de tarefas específicas. As pistas visuais são cruciais no apoio ao aprendizado de alunos autistas, oferecendo suporte adicional e estruturando informações de maneira mais acessível. Veremos como essas ferramentas, incluindo imagens, gráficos, sinais e símbolos, podem ser integradas no jogo da memória para promover uma aprendizagem mais inclusiva e equitativa.

2.5 Pistas Visuais: um Recurso Visual no contexto do Jogo da Memória

As pistas visuais são ferramentas que fornecem informações adicionais ou contextuais para ajudar na compreensão e execução de tarefas específicas. Segundo Schreibman, Koo e

Narahara (2015), essas pistas podem incluir imagens, gráficos, sinais, símbolos, cores e outras formas de representação visual que facilitam a comunicação e o aprendizado. No contexto da aprendizagem de alunos autistas, as pistas visuais são essenciais para oferecer suporte adicional e estruturar informações de maneira mais acessível (Wong *et al.*, 2015; Dettmer *et al.*, 2016). De acordo com Mendes e Almeida (2019), a utilização de pistas visuais pode melhorar significativamente a compreensão de alunos com autismo, proporcionando uma base sólida para o desenvolvimento acadêmico e social.

O papel principal das pistas visuais é proporcionar clareza e previsibilidade. Elas ajudam a reduzir a ansiedade e a confusão, oferecendo uma maneira concreta de entender conceitos abstratos. Essas ferramentas são usadas para estruturar o tempo, auxiliar na compreensão de sequências de atividades e apoiar a comunicação. Elas facilitam a interação e a compreensão mútua entre professores e alunos (Mendes; Almeida, 2019).

Como destaca Lima e Silva (2018), a previsibilidade proporcionada pelas pistas visuais contribui para um ambiente de aprendizado mais estável e seguro para alunos autistas. Para alunos autistas, as pistas visuais são cruciais porque oferecem uma forma de processamento de informações mais concreta e menos transitória do que a comunicação verbal. Elas permitem que os alunos processem informações no seu próprio ritmo e referenciem as informações sempre que necessário. Além disso, ajudam a construir uma compreensão mais sólida dos conceitos apresentados (Dettmer *et al.*, 2016).

As pistas visuais também ajudam a desenvolver habilidades de independência. Elas promovem a autonomia dos alunos na execução de tarefas diárias e escolares (Lima; Silva, 2018). De acordo com Hume *et al.* (2014), o uso de pistas visuais pode facilitar a autonomia e a autoconfiança dos alunos, permitindo que eles se envolvam de maneira mais ativa em suas rotinas diárias.

No contexto clínico, as pistas visuais são frequentemente utilizadas em terapias comportamentais e de comunicação. Por exemplo, terapeutas ocupacionais utilizam cartões com imagens para ensinar rotinas diárias, como escovar os dentes ou vestir-se (Ashburner *et al.*, 2014). Fonoaudiólogos usam quadros de comunicação com pictogramas para ajudar crianças a expressar suas necessidades e desejos (Mayer; Kubina, 2014). Essas ferramentas visuais complementam as instruções verbais, tornando as interações mais compreensíveis e eficazes para os alunos autistas (Hume *et al.*, 2014).

Mayer e Kubina (2015) apontam que a integração de recursos visuais nas terapias de comunicação pode aumentar significativamente a eficácia das intervenções. Na sala de aula, as pistas visuais são amplamente usadas para apoiar o aprendizado e o comportamento dos alunos

autistas. Professores utilizam cronogramas visuais para mostrar a sequência das atividades do dia. Isso ajuda os alunos a entender o que esperar e a gerenciar suas expectativas (Sundberg *et al.*, 2016).

Além disso, gráficos e mapas mentais explicam conceitos complexos, oferecendo uma representação visual que os alunos podem facilmente seguir e entender (Hume *et al.*; 2014). No contexto do Jogo da Memória, essas ferramentas podem ser incorporadas para reforçar o aprendizado de maneira lúdica, como o designer das cartas e as instruções do jogo, regras com o passo a passo do jogo são exemplos de referências visuais que proporcionam suporte constante, reforçando a aprendizagem e o comportamento adequado (Dettmer *et al.*, 2016).

Neste contexto, as pistas visuais são essenciais para o desenvolvimento da comunicação em alunos autistas. Ferramentas como quadros de comunicação e aplicativos de comunicação aumentativa e alternativa (CAA) permitem que os alunos expressem suas necessidades e sentimentos através de imagens e símbolos (Hume *et al.*; 2014). Essas ferramentas ajudam a superar barreiras de comunicação, permitindo que os alunos participem mais ativamente em interações sociais e educacionais. Além disso, o uso de histórias sociais com ilustrações ajuda a ensinar habilidades sociais e comportamentos apropriados em diferentes situações (Dettmer *et al.*, 2016).

Oliveira *et al.* (2020) enfatizam que as histórias sociais ilustradas são uma ferramenta poderosa para ensinar habilidades sociais e comportamentais de maneira visual e acessível. O jogo da memória é uma ferramenta pedagógica valiosa que pode ser adaptada para incluir pistas visuais. Isso o torna especialmente útil para o aprendizado de alunos autistas. Ao incorporar desenhos, gráficos e modelos físicos relacionados a fórmulas e conceitos, o jogo da memória pode ajudar os alunos a associar imagens com informações específicas.

Essas atividades reforçam a aprendizagem de maneira lúdica e envolvente (Hume *et al.*; 2014). Por exemplo, um jogo da memória que utilize cartões com desenhos de conceitos científicos pode ajudar os alunos a visualizar e memorizar informações importantes. Cartões com gráficos matemáticos ou fórmulas também podem ser usados para reforçar o aprendizado de conceitos abstratos, oferecendo uma representação visual que facilita a compreensão (Oliveira *et al.*, 2020). Além disso, o uso de pistas visuais no jogo da memória pode ajudar a desenvolver habilidades de reconhecimento visual, memória e atenção, todas essenciais para o processo de aprendizagem (Sundberg *et al.*, 2016).

Gomes, Brito e Montes, (2024) destacam que o uso de jogos de memória adaptados pode transformar o aprendizado em uma atividade mais dinâmica e eficaz, especialmente para alunos com necessidades especiais. Desta forma, as pistas visuais desempenham um papel fundamental

no apoio ao aprendizado de alunos autistas. Elas oferecem uma maneira eficaz de estruturar informações e facilitar a comunicação. Ao integrar essas ferramentas visuais em atividades pedagógicas, como o jogo da memória, é possível criar um ambiente de aprendizagem mais inclusivo e acessível. Isso promove o desenvolvimento cognitivo e social dos alunos (Wong *et al.*, 2015).

3 UMA IMERSÃO SOBRE A TERMOLOGIA

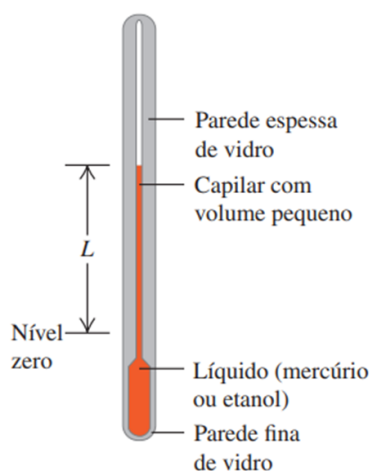
3.1 Temperatura e Calor: Conceitos Fundamentais da Termodinâmica

A compreensão da temperatura e do calor é fundamental para entendermos os processos físicos que regem o equilíbrio térmico. Embora frequentemente usados como sinônimos, na física, esses termos têm significados distintos. A temperatura é uma medida da agitação das moléculas em um corpo, enquanto o calor refere-se à transferência de energia devido a diferenças de temperatura (Nussenzveig, 2014). A temperatura pode ser medida por meio de várias propriedades físicas, como a expansão de líquidos em termômetros ou variações na resistência elétrica de um fio.

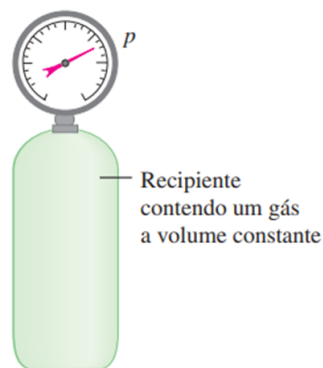
Ao colocar um termômetro em contato com um corpo, atingimos o equilíbrio térmico, onde não há mais variação na temperatura, como o mostrado na Figura 3.1. Este instrumento é essencial para aplicações práticas e científicas, permitindo-nos compreender e controlar processos que envolvem a transferência de calor (Young; Freedman, 2016).

Figura 3.1 – Dois dispositivos para medir temperatura.

(a) Variações na temperatura provocam variações no volume do líquido



(b) Variações na temperatura provocam variações na pressão do gás

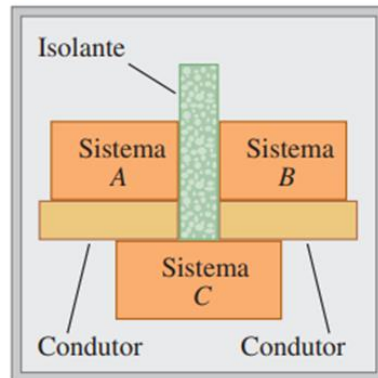


Fonte: Young e Freedman (2016).

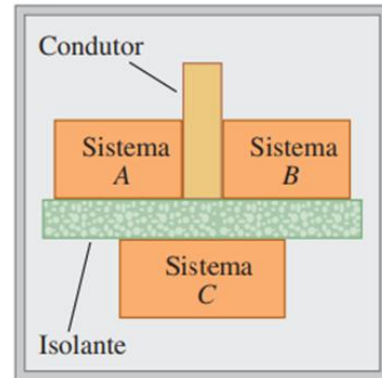
A lei zero da termodinâmica estabelece que dois corpos em equilíbrio térmico com um terceiro também estão em equilíbrio térmico entre si (Young; Freedman, 2016). Esse conceito é ilustrado na Figura 3.2, onde três sistemas, A, B e C, inicialmente não estão em equilíbrio térmico.

Figura 3.2 – A lei zero da termodinâmica.

(a) Se os sistemas A e B estão em equilíbrio térmico com o sistema C, então...



(b) ... os sistemas A e B estão em equilíbrio térmico entre si.



Fonte: Young e Freedman (2016).

Ao permitir que C interaja com A e B, alcançamos o equilíbrio térmico entre os três sistemas. A lei zero da termodinâmica afirma que, quando isso acontece, A e B também estão em equilíbrio térmico entre si. Isso é crucial para entender como os termômetros funcionam, já que eles medem sua própria temperatura quando em equilíbrio térmico com outro corpo (Halliday; Resnick; Walker, 2016).

Assim, a compreensão da temperatura e do calor não apenas nos permite entender como os corpos mantêm uma temperatura constante, mas também é essencial para o desenvolvimento de tecnologias como motores de automóveis, refrigeradores e até mesmo a compreensão da estrutura das estrelas. Ao explorar esses conceitos, abrimos portas para avanços significativos em diversas áreas da ciência e da tecnologia (Serway; Jewett Jr, 2012).

3.2 As Escalas Termométricas

Entre as principais escalas, destacam-se a Celsius, a Fahrenheit e a Kelvin, cada uma com suas características distintas e aplicações específicas.

A escala Celsius, também conhecida como escala centígrada, é amplamente utilizada em todo o mundo. Seu ponto de congelamento da água é marcado como $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ e o ponto de ebulição como $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, subdividindo-se o intervalo em 100 graus iguais. A temperatura Celsius é negativa quando abaixo do ponto de congelamento da água, facilitando a compreensão das variações térmicas em diversos contextos (Nussenzveig, 2014).

Por outro lado, a escala Fahrenheit, ainda utilizada em países como os Estados Unidos, a temperatura de congelamento da água é 32 °F, enquanto a temperatura de ebulição é 212 °F, ambas em condições normais de pressão atmosférica. Há 180 graus entre as temperaturas de congelamento e ebulição, em contraste com os 100 graus da escala Celsius. Portanto, um grau Fahrenheit equivale a 5/9 de um grau na escala Celsius (Halliday; Resnick; Walker, 2016).

Para converter graus Celsius em graus Fahrenheit, considera-se que a temperatura na escala Celsius (T_C) é o número de graus acima da temperatura de congelamento da água. Na escala Fahrenheit, o número de graus acima da temperatura de congelamento é 9/5 desse valor. No entanto, o ponto de congelamento na escala Fahrenheit é 32 °F. Assim, para obter a verdadeira temperatura em Fahrenheit (T_F), multiplica-se o valor em Celsius por 9/5 e adiciona-se 32. Em símbolos:

$$T_F = \left(T_C \times \frac{9}{5}\right) + 32 \quad \text{Eq. 3.1}$$

Para converter temperaturas da escala Fahrenheit para a escala Celsius, utiliza-se a fórmula inversa:

$$T_C = \frac{5}{9} (T_F - 32) \quad \text{Eq. 3.2}$$

Além disso, a escala Kelvin, fundamentada nos princípios da termodinâmica, é baseada no zero absoluto, definido como a temperatura na qual as partículas de uma substância teriam energia mínima. A escala Kelvin é assim chamada em homenagem ao físico britânico Lord Kelvin (1824-1907). As unidades dessa escala são as mesmas que as da escala Celsius, mas o ponto zero é deslocado para -273,15 °C, fazendo com que 0 K corresponda a -273,15 °C e 273,15 K corresponda a 0 °C. A fórmula para converter a temperatura Celsius (T_C) para Kelvin (T_K) é:

$$T_K = T_C + 273,15 \quad \text{Eq. 3.2}$$

Por exemplo, para uma temperatura ambiente de 20 °C, a conversão para Kelvin resulta em aproximadamente 293 K.

3.2.1 A Escala Kelvin e a Temperatura Absoluta

Enquanto a escala Celsius possui dois pontos fixos - o ponto de congelamento normal da água e o ponto de ebulição - a escala Kelvin pode ser definida usando apenas um ponto de referência para a temperatura. Essa definição é fundamentada no comportamento de um termômetro de gás, no qual a pressão (P) é diretamente proporcional à temperatura na escala Kelvin. Assim, a razão entre duas temperaturas T_1 e T_2 na escala Kelvin é igual à razão entre as pressões P_1 e P_2 medidas pelo termômetro de gás.

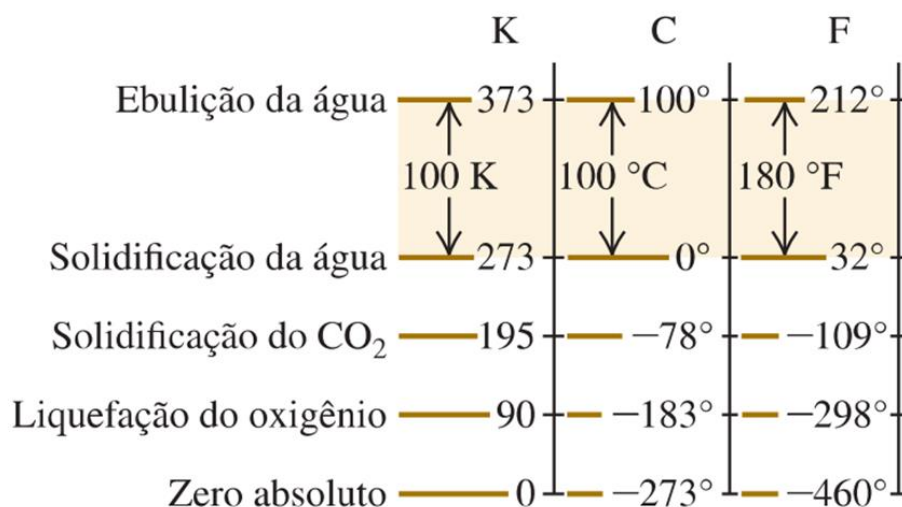
$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{P_2}{P_1} \quad \text{Eq. 3.3}$$

A definição da escala Kelvin requer especificar a temperatura Kelvin de um único estado específico. Para garantir precisão e facilidade de reprodução das condições, o ponto escolhido é o ponto triplo da água, onde gelo, água líquida e vapor d'água podem coexistir em equilíbrio. Este fenômeno ocorre a uma temperatura de $0,01 \text{ }^\circ\text{C}$ e uma pressão de vapor igual a 610 Pa (aproximadamente $0,006 \text{ atm}$). A temperatura do ponto triplo da água é definida como $T_{\text{triplo}} = 273,16 \text{ K}$, correspondendo a $0,01 \text{ }^\circ\text{C}$. Utilizando a Equação 3.3, se P_{triplo} for a pressão em um termômetro de gás para uma temperatura T_{triplo} e P for a pressão para outra temperatura T , então T é dada na escala Kelvin por:

$$T = T_{\text{triplo}} \times \frac{P}{P_{\text{triplo}}} = (273,16 \text{ K}) \times \frac{P}{P_{\text{triplo}}} \quad \text{Eq. 3.4}$$

A Figura 3.3 proporciona uma visualização clara e concisa das inter-relações entre as escalas termométricas Kelvin, Celsius e Fahrenheit. Através de linhas, o gráfico evidencia a proporcionalidade direta entre as escalas, permitindo uma rápida identificação dos valores correspondentes em cada uma delas. A inclinação distinta de cada linha reflete as diferentes divisões entre os pontos de referência de cada escala, como o ponto de fusão e ebulição da água. Essa representação gráfica não apenas facilita a compreensão das conversões entre as escalas, mas também destaca a natureza linear dessas relações, o que simplifica os cálculos envolvidos. Conforme apontam Young e Freedman (2016), essa ferramenta visual é de grande valia para estudantes e profissionais que necessitam realizar cálculos e análises envolvendo diferentes unidades de temperatura.

Figura 3.3 – Relações entre as escalas Kelvin (K), Celsius (°C) e Fahrenheit (°F).



Fonte: Young e Freedman (2016).

Esta figura mostra as relações entre as três principais escalas de temperatura: Kelvin (K), Celsius (°C) e Fahrenheit (°F). As temperaturas foram aproximadas para os graus inteiros mais próximos, ilustrando como essas escalas se relacionam entre si. A escala Kelvin é reconhecida como a escala absoluta de temperatura, com seu ponto zero estabelecido em 0 K, o que corresponde a -273,15 °C. Este ponto, denominado zero absoluto, é considerado a temperatura mais baixa possível. No zero absoluto, a energia total de um sistema molecular atinge seu mínimo, composta pela soma da energia cinética e da energia potencial das partículas (Serway; Jewett Jr, 2012).

No entanto, devido a fenômenos quânticos, é importante ressaltar que não é correto afirmar que todo movimento molecular cessa completamente no zero absoluto. Embora a energia térmica de um sistema se aproxime de zero nesse ponto, os efeitos da mecânica quântica implicam que ainda existem flutuações de energia e movimento molecular presentes, mesmo à temperatura mais baixa possível (Nussenzveig, 2014).

3.3 Dilatação Térmica (Expansão Térmica)

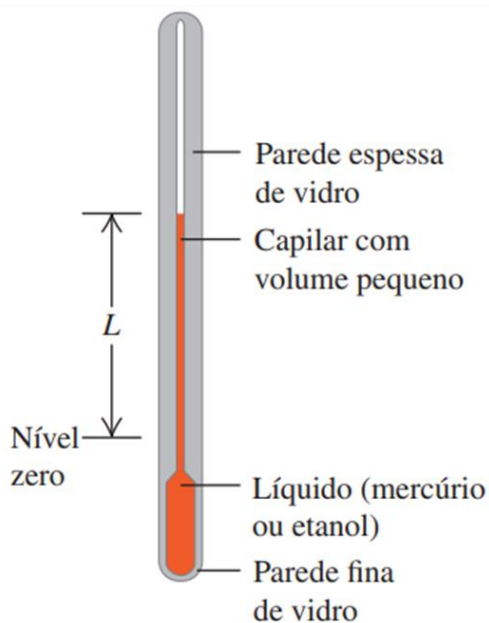
3.3.1 Dilatação Térmica dos Sólidos

A maioria dos materiais experimenta expansão ou dilatação térmica quando sua temperatura aumenta. Esse fenômeno pode ser observado em vários contextos, como a expansão do líquido em um termômetro contido dentro de um tubo (Figura 3.4 (a)) e a curvatura

de lâminas bimetálicas (Figura 3.4 (b)). Por exemplo, uma garrafa cheia de água e bem vedada pode quebrar quando aquecida, mas pode-se evitar isso afrouxando a tampa metálica do recipiente ao jogar água quente sobre ela. Todas essas situações ilustram o conceito de dilatação térmica.

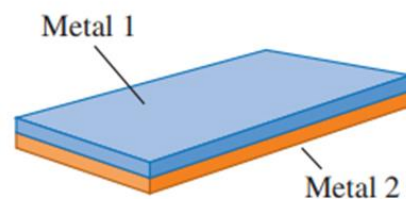
Figura 3.4 – Exemplos de dilatação térmica.

(a) Variação do volume do líquido do termômetro em resposta às mudanças de temperatura.



(b) Lâmina bimetálica funcionando como termômetro.

(a) Uma lâmina bimetálica



(b) A lâmina se curva quando sua temperatura é elevada.



Fonte: Young e Freedman (2016).

Na Figura 3.4(a), é apresentado um sistema bem reconhecido para medir a temperatura. Este sistema funciona de tal forma que, conforme a temperatura ao redor aumenta, o líquido colorido contido no dispositivo, geralmente etanol ou mercúrio, se expande e sobe dentro do tubo. Como resultado desse aumento no volume do líquido, o valor de L , que representa a altura do líquido dentro do tubo, também aumenta. Essa relação linear entre a temperatura e a altura do líquido é uma característica fundamental desse tipo de dispositivo de medição de temperatura e é amplamente utilizada em termômetros.

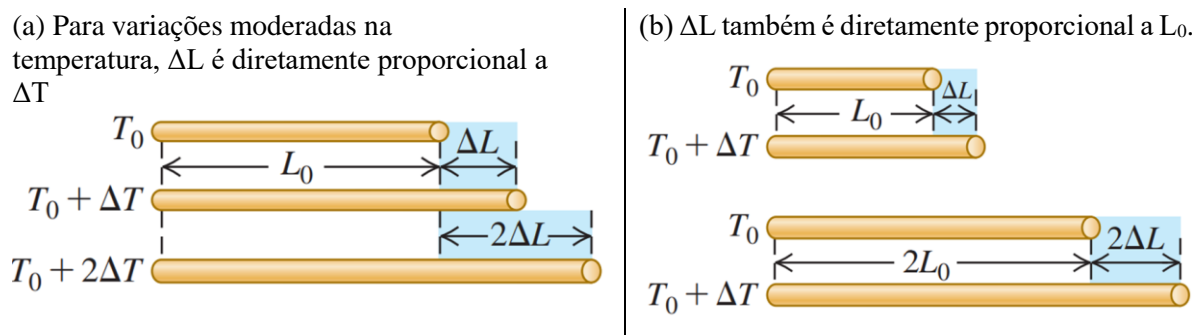
As lâminas bimetálicas, como mostrado na Figura 3.4(b), também demonstram dilatação térmica. Elas consistem em duas tiras de metais diferentes, unidas firmemente. Quando a

temperatura aumenta, os metais se expandem em diferentes taxas, causando a curvatura da lâmina. Esse princípio é utilizado em diversos dispositivos de medição e controle de temperatura, onde a curvatura da lâmina bimetálica serve como um indicador ou atuador em resposta a mudanças térmicas.

3.3.2 Dilatação Linear

A dilatação linear é um fenômeno físico que descreve a mudança no comprimento de um material em resposta a variações de temperatura. Para ilustrar esse conceito, consideremos uma barra com um comprimento inicial L_0 a uma temperatura inicial T_0 . Quando a temperatura varia por ΔT , o comprimento varia por ΔL (Nussenzveig, 2014). De acordo com Young e Freedman (2016), a experiência demonstra que, para variações moderadas (não é muito grande) de temperatura (por exemplo, menores que cerca de $100\text{ }^\circ\text{C}$), a variação de comprimento ΔL é diretamente proporcional à variação de temperatura ΔT conforme ilustrado na Figura 3.5(a). Isso significa que, se a temperatura aumentar ou diminuir, o comprimento da barra mudará proporcionalmente à mudança de temperatura.

Figura 3.5 – Variação do Comprimento da Barra com a Temperatura.



Fonte: Young e Freedman (2016).

Além disso, ao considerar duas barras do mesmo material, onde uma possui o dobro do comprimento da outra, observa-se que a variação no comprimento também é duas vezes maior quando submetidas à mesma variação de temperatura. Isso implica que ΔL é também proporcional ao comprimento inicial L_0 . A Figura 3.5(b) ilustra essa proporcionalidade, mostrando que barras mais longas experimentam maiores variações de comprimento sob a mesma variação de temperatura (Young; Freedman, 2016).

As relações mencionadas podem ser expressas matematicamente pela equação da dilatação linear:

$$\Delta L = \alpha L_0 \Delta T \quad \text{Eq. 3.5}$$

Nesta equação, α é a constante de proporcionalidade conhecida como coeficiente de dilatação linear, que descreve as propriedades de expansão térmica de um material específico. As unidades de α são K^{-1} ou $(^\circ\text{C})^{-1}$. Se o comprimento de um corpo a uma temperatura T_0 é L_0 , então seu comprimento L a uma temperatura $T = T_0 + \Delta T$ é dado pela soma do comprimento inicial com a variação de comprimento:

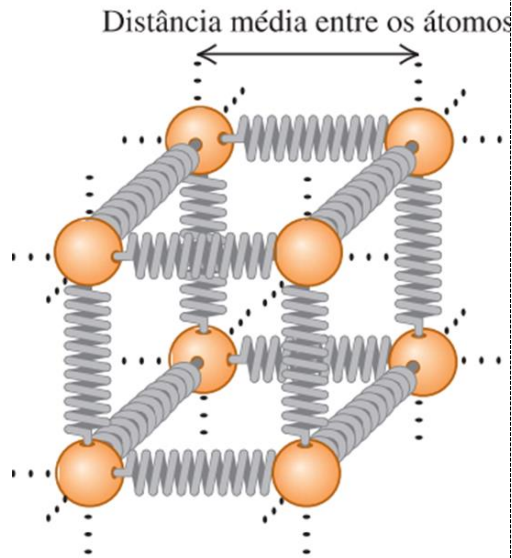
$$L = L_0 + \Delta L = L_0 + \alpha L_0 \Delta T = L_0(1 + \alpha \Delta T) \quad \text{Eq. 3.6}$$

Embora as equações de dilatação térmica linear sejam amplamente utilizadas para descrever o comportamento de diversos materiais, é importante ressaltar que elas apresentam algumas limitações. Essas equações são válidas para pequenas variações de temperatura e assumem que o coeficiente de dilatação linear é constante em toda a faixa de temperatura considerada. No entanto, para materiais como ligas metálicas e polímeros, o coeficiente de dilatação pode variar com a temperatura, o que pode levar a pequenas discrepâncias entre os valores calculados e os valores experimentais. Além disso, como mencionado no texto original, materiais anisotrópicos, como a madeira e alguns cristais, podem apresentar diferentes coeficientes de dilatação em direções distintas, o que exige um tratamento matemático mais complexo.

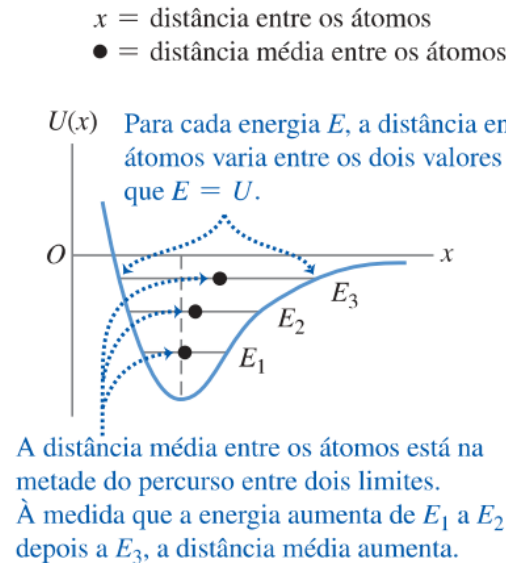
Para entender qualitativamente a dilatação térmica, podemos considerar o comportamento das moléculas no material. Visualizamos as forças interatômicas dentro de um sólido como se fossem molas, onde cada átomo oscila em torno de uma posição de equilíbrio. Podemos imaginar que os átomos em um sólido estão interligados por “molas” que representam as forças interatômicas (Figura 3.6a). Quando a temperatura do material aumenta, a energia cinética das moléculas também aumenta, resultando em maiores amplitudes de oscilação em torno da posição de equilíbrio. Essas forças de “molas” não são simétricas; elas se expandem mais facilmente do que se contraem. Em termos de energia potencial, essa assimetria é representada por um gráfico que não é simétrico em relação à posição de equilíbrio (Figura 3.6b) (Young; Freedman, 2016).

Figura 3.6 – Forças Interatômicas e Energia Potencial.

(a) Modelo das Forças Interatômicas.



(b) Gráfico da Energia Potencial.



Fonte: Young e Freedman (2016).

Na Figura 3.6(a), vemos um modelo onde os átomos estão conectados por molas. À medida que a temperatura aumenta, a energia e a amplitude das oscilações desses átomos também aumentam. A Figura 3.6(b) mostra o gráfico da energia potencial $U(x)$ pela distância x entre átomos vizinhos. A curva de energia potencial não é simétrica em relação à posição de equilíbrio. Isso significa que, com o aumento da energia térmica, a distância média entre os átomos aumenta.

A proporcionalidade direta expressa nas equações relacionadas à dilatação térmica não é exata; ela é apenas aproximadamente correta para pequenas variações de temperatura. No entanto, ao trabalhar com diferentes materiais, é importante reconhecer que o coeficiente de dilatação linear pode variar ligeiramente dependendo da temperatura inicial T_0 e da amplitude do intervalo de temperatura considerado. Apesar dessas possíveis variações, para simplificação e dentro de uma margem de precisão aceitável, essas variações são frequentemente negligenciadas (Serway; Jewett Jr, 2012).

Os valores médios dos coeficientes de dilatação linear para diversos materiais estão listados na Tabela 3.1. Esses valores são obtidos a partir de medidas experimentais e representam uma média que é suficientemente precisa para a maioria das aplicações práticas. A tabela mostra que não é necessário se preocupar se a temperatura inicial T_0 é 0°C , 20°C ou alguma outra temperatura específica, pois os coeficientes são suficientemente pequenos para

que essas variações iniciais não afetem significativamente os cálculos de dilatação (Halliday; Resnick; Walker, 2016).

Os valores típicos do coeficiente de dilatação linear, representado por α , são muito pequenos. Mesmo considerando uma variação de temperatura de 100 °C, a variação relativa no comprimento ($\Delta L/L_0$) é da ordem de apenas 1/1000 para os metais listados na tabela. Isso demonstra que, para muitas aplicações práticas, a dilatação térmica pode ser considerada linear e proporcional dentro de um intervalo de temperatura razoável (Young; Freedman, 2016).

Tabela 3.1 – Coeficientes de dilatação linear.

Material	α [K^{-1} ou $(^{\circ}C)^{-1}$]
Alumínio	$2,4 \times 10^{-5}$
Latão	$2,0 \times 10^{-5}$
Cobre	$1,7 \times 10^{-5}$
Vidro	$0,4 - 0,9 \times 10^{-5}$
Invar (liga de ferro-níquel)	$0,09 \times 10^{-5}$
Quartzo (fundido)	$0,04 \times 10^{-5}$
Aço	$1,2 \times 10^{-5}$

Fonte: Young e Freedman (2016).

Os materiais listados variam amplamente em suas propriedades de dilatação térmica. O alumínio, por exemplo, tem um coeficiente de $2,4 \times 10^{-5}$, indicando que ele se expande significativamente com o aumento da temperatura. Já o Invar, uma liga de ferro-níquel, possui um coeficiente muito baixo ($0,09 \times 10^{-5}$), tornando-o ideal para aplicações onde a estabilidade dimensional é crucial, independentemente das variações de temperatura. O quartzo fundido, com o menor coeficiente listado ($0,04 \times 10^{-5}$), é outro material com excelente estabilidade térmica (Halliday; Resnick; Walker, 2016).

3.3.3 Dilatação Volumétrica

Quando a temperatura aumenta, é comum notarmos um aumento no volume tanto de líquidos quanto de sólidos. Essa relação entre a equação do volume e a variação de temperatura (ΔT), juntamente com o volume inicial (V_0), pode ser expressa através da Equação 3.7:

$$\Delta V = \beta V_0 \Delta T \quad \text{Eq. 3.7}$$

Nessa equação, β representa o coeficiente de dilatação volumétrica, uma constante que descreve as propriedades específicas de dilatação de um material. As unidades de β são K^{-1} ou $(^{\circ}C)^{-1}$. Assim como o coeficiente de dilatação volumétrica, β pode variar ligeiramente com a temperatura, e a Equação 3.7 é uma aproximação válida apenas para pequenas variações de temperatura. Em muitas substâncias, β diminui em temperaturas mais baixas. Diversos valores de β em torno da temperatura ambiente são apresentados na Tabela 3.2. É importante notar que os valores para líquidos tendem a ser maiores do que para sólidos (Young; Freedman, 2016).

Tabela 3.2 – Coeficientes de dilatação volumétrica.

Sólidos	$\beta [K^{-1} \text{ ou } (^{\circ}C)^{-1}]$	Líquidos	$\beta [K^{-1} \text{ ou } (^{\circ}C)^{-1}]$
Alumínio	$7,2 \times 10^{-5}$	Etanol	75×10^{-5}
Latão	$6,0 \times 10^{-5}$	Dissulfeto de carbono	115×10^{-5}
Cobre	$5,1 \times 10^{-5}$	Glicerina	49×10^{-5}
Vidro	$1,2 - 2,7 \times 10^{-5}$	Mercúrio	18×10^{-5}
Invar (liga de ferro-níquel)	$0,27 \times 10^{-5}$		
Quartzo (fundido)	$0,12 \times 10^{-5}$		
Aço	$3,6 \times 10^{-5}$		

Fonte: Young e Freedman (2016).

A Tabela 3.2 ilustra a variação dos coeficientes de dilatação volumétrica (β) para diferentes materiais sólidos e líquidos. Observa-se que os líquidos geralmente possuem valores de β significativamente maiores do que os sólidos. Por exemplo, o dissulfeto de carbono tem um coeficiente de 115×10^{-5} , enquanto o alumínio, um dos sólidos com maior β , possui $7,2 \times 10^{-5}$.

Entre os sólidos, o Invar, uma liga de ferro-níquel, apresenta um coeficiente de dilatação volumétrica extremamente baixo ($0,27 \times 10^{-5}$), o que o torna ideal para aplicações onde a estabilidade dimensional é crítica, independentemente das variações de temperatura. O quartzo fundido também se destaca com um coeficiente baixo ($0,12 \times 10^{-5}$), evidenciando sua estabilidade térmica.

Em materiais sólidos, existe uma relação simples entre o coeficiente de dilatação volumétrica (β) e o coeficiente de dilatação linear (α). Para deduzir essa relação, considere um cubo de material com lado L e volume $V = L^3$. Na temperatura inicial, os valores são L_0 e V_0 .

Quando a temperatura aumenta por ΔT , a aresta aumenta por ΔL e o volume aumenta por ΔV , dado por:

$$dV = \frac{dV}{dL} dL = 3L^2 dL$$

Substituindo L e V pelos valores iniciais L_0 e V_0 , e usando a relação para a dilatação linear, de acordo com a Equação 3.5, ΔL é dado por:

$$dL = \alpha L_0 dT$$

Como $V_0 = L_0^3$, podemos expressar ΔV da seguinte maneira:

$$dV = 3L_0^2 \alpha L_0 dT = 3\alpha V_0 dT$$

Esse resultado está de acordo com a forma infinitesimal da Equação 3.7, apenas quando:

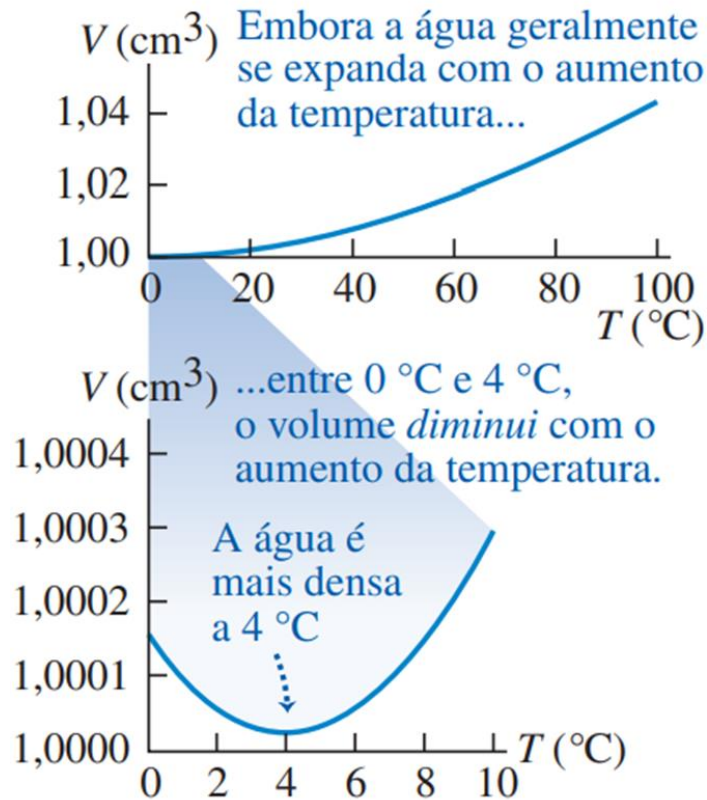
$$\beta = 3\alpha \quad \text{Eq. 3.8}$$

Essa relação confirma que o coeficiente de dilatação volumétrica é três vezes o coeficiente de dilatação linear para sólidos isotrópicos. Essa correspondência pode ser verificada usando os valores listados nas Tabelas 3.1 e 3.2, mostrando a coerência entre as propriedades térmicas dos materiais.

3.3.4 Dilatação térmica da água

A dilatação térmica da água apresenta comportamentos únicos que a distinguem da maioria dos outros materiais. Quando a temperatura aumenta, a água no intervalo de 0 °C a 4 °C diminui de volume. Nesse intervalo, o coeficiente de dilatação volumétrica da água é negativo. Acima de 4 °C, a água passa a se expandir quando aquecida, conforme ilustrado na Figura 3.6. Essa figura demonstra que o volume de um grama de água aumenta para 1,043 cm³ a 100 °C. Se o coeficiente de dilatação volumétrica fosse constante, a curva seria uma linha reta, mas a água não segue esse comportamento linear devido às suas propriedades anômalas (Young; Freedman, 2016).

Figura 3.7 – Variação do Volume de Água com a Temperatura (0 °C a 100 °C).



Fonte: Young e Freedman (2016).

A Figura 3.7 ilustra uma curva não linear, destacando que o coeficiente de dilatação volumétrica da água varia com a temperatura. A curva mostra uma leve diminuição de volume conforme a temperatura aumenta de 0 °C a 4 °C, após o que o volume começa a aumentar. Esse comportamento não linear é um reflexo das propriedades anômalas da água, que são essenciais para a manutenção da vida aquática em ambientes de água doce.

3.3.4.1 Propriedades anômalas da água

A água atinge sua maior densidade a 4 °C, um fenômeno que tem implicações importantes para o meio ambiente. Quando a água congela, ela se expande, o que é incomum, pois quase todos os outros materiais se contraem ao congelar. Essa expansão faz com que a água congelada se curve para cima nos compartimentos cúbicos de formas para fazer gelo (Serway; Jewett Jr, 2012).

Essa propriedade anômala da água tem um efeito crucial na vida aquática em lagos. Durante o inverno, um lago congela da superfície para baixo. Acima de 4 °C, a água mais fria, sendo mais densa, desce para o fundo do lago. No entanto, quando a temperatura da superfície

cai abaixo de 4 °C, a água próxima à superfície, sendo menos densa, permanece acima. Assim, a água na superfície congela primeiro, formando uma camada de gelo que flutua devido à sua menor densidade em comparação com a água líquida abaixo dela. Essa camada de gelo atua como um isolante térmico, mantendo a temperatura da água no fundo do lago próxima a 4 °C, o que impede o congelamento total do lago e protege a vida aquática (Young; Freedman, 2016).

Caso a água se contraísse ao esfriar, como a maioria das substâncias, os lagos congelariam do fundo para a superfície. A circulação induzida pela diferença de densidade faria com que a água mais quente fosse transportada para a superfície, resultando no congelamento completo do lago. Isso poderia destruir todas as plantas e animais aquáticos incapazes de suportar o congelamento. Portanto, se a água não tivesse essa propriedade especial, a evolução da vida na Terra teria seguido um curso muito diferente (Halliday; Resnick; Walker, 2016).

3.3.4 Tensão térmica

A tensão térmica surge quando a dilatação ou compressão de um material é impedida por restrições externas. Suponha que uma barra com extremidades rigidamente fixadas seja submetida a uma variação de temperatura; essa situação gera tensões internas chamadas de tensões térmicas. A barra, naturalmente, tenderia a se expandir ou contrair devido à variação de temperatura, mas as restrições externas impedem essa mudança dimensional, resultando em tensões internas significativas (Serway; Jewett Jr, 2012).

Essas tensões podem alcançar níveis suficientemente elevados para causar deformações permanentes ou até mesmo fraturas no material. Portanto, é crucial que engenheiros considerem as tensões térmicas ao projetar estruturas. Por exemplo, blocos de concreto em estradas e pontes frequentemente possuem espaços vazios preenchidos com materiais flexíveis ou juntas especiais em forma de dentes, permitindo que o concreto se expanda e contraia sem causar danos. Similarmente, tubos longos que transportam vapor incluem juntas de dilatação ou seções em forma de U para acomodar variações de temperatura, e pontes de aço são projetadas com um extremo fixo e o outro apoiado sobre rolamentos para permitir movimento (Halliday; Resnick; Walker, 2016).

Para calcular a tensão térmica em uma barra presa, é necessário primeiro determinar a dilatação ou contração que ocorreria se a barra estivesse livre para se mover. Suponha que temos uma barra com comprimento inicial L_0 e seção reta com área A , mantida em comprimento constante enquanto sua temperatura varia (Young; Freedman, 2016). Se a temperatura diminui, a variação relativa do comprimento ($\Delta L/L_0$) que ocorreria se a barra estivesse livre é dada por:

$$\left(\frac{\Delta L}{L_0}\right)_{\text{t\u00e9rmica}} = \alpha \Delta T \quad \text{Eq. 3.9}$$

onde α \u00e9 o coeficiente de dilata\u00e7\u00e3o linear. Para manter o comprimento constante, precisamos aplicar uma for\u00e7a que produza uma varia\u00e7\u00e3o relativa do comprimento igual e oposta \u00e0 causada pela varia\u00e7\u00e3o t\u00e9rmica. Usando a defini\u00e7\u00e3o do m\u00f3dulo de Young (Y), temos:

$$Y = \frac{F/A}{\Delta L/L_0}$$

Portanto,

$$\left(\frac{\Delta L}{L_0}\right)_{\text{t\u00e9rmica}} = \frac{F}{AY} \quad \text{Eq. 3.10}$$

Se o comprimento da barra deve permanecer constante, a varia\u00e7\u00e3o relativa total do comprimento deve ser zero. Pelas equa\u00e7\u00f5es 3.9 e 3.10, isso significa que

$$\left(\frac{\Delta L}{L_0}\right)_{\text{t\u00e9rmica}} + \left(\frac{\Delta L}{L_0}\right)_{\text{t\u00e9rmica}} = \alpha \Delta T + \frac{F}{AY} = 0$$

Resolvendo para a tens\u00e3o necess\u00e1ria F/A para manter o comprimento da barra constante, achamos (3.11)

$$\frac{F}{A} = -Y\alpha\Delta T \quad \text{Eq. 3.11}$$

Essa equa\u00e7\u00e3o mostra que, para uma diminui\u00e7\u00e3o de temperatura (ΔT negativa), a for\u00e7a F e a tens\u00e3o F/A s\u00e3o positivas, indicando a necessidade de uma for\u00e7a de tra\u00e7\u00e3o para manter o comprimento constante. Se a temperatura aumenta (ΔT positiva), a for\u00e7a F e a tens\u00e3o F/A s\u00e3o negativas, sugerindo uma for\u00e7a de compress\u00e3o necess\u00e1ria (Halliday; Resnick; Walker, 2016).

Diferen\u00e7as de temperatura dentro de um corpo podem induzir dilata\u00e7\u00f5es ou contra\u00e7\u00f5es n\u00e3o uniformes, resultando em tens\u00f5es t\u00e9rmicas internas. Por exemplo, despejar \u00e1gua muito quente em um recipiente de vidro frio pode causar fraturas devido \u00e0s tens\u00f5es t\u00e9rmicas entre as partes quentes e frias do vidro. O mesmo princ\u00edpio se aplica quando cubos de gelo s\u00e3o colocados em \u00e1gua quente, resultando em fraturas nos cubos de gelo (Nussenzveig, 2014).

3.4 Quantidade de Calor

A quantidade de calor refere-se à energia transferida entre sistemas devido a uma diferença de temperatura. É uma forma de energia em trânsito que flui de um corpo de maior temperatura para um corpo de menor temperatura, até que ambos atinjam o equilíbrio térmico. Essa transferência de energia ocorre por condução, convecção ou radiação, dependendo das propriedades dos materiais envolvidos e das condições do ambiente (Nussenzveig, 2014).

3.4.1 Diferença entre Calor e Temperatura

Enquanto a **Temperatura** se refere à medida do estado térmico de um material, indicando se está quente ou frio em relação a uma escala padrão. É importante ressaltar que a temperatura é uma propriedade estatística, ou seja, ela representa uma média da energia cinética de um grande número de partículas. As partículas de um material não possuem todas a mesma energia cinética, mas sim uma distribuição de energias. A temperatura é uma medida dessa distribuição, indicando a energia cinética média (Serway; Jewett Jr, 2012).

Por outro lado, **calor** é a forma de energia transferida de um corpo ou sistema para outro devido a uma diferença de temperatura entre eles. Esse processo ocorre sempre que há uma tentativa de equalizar as temperaturas entre dois corpos em contato térmico, movendo-se do corpo mais quente para o mais frio até que um equilíbrio térmico seja alcançado. O calor não é uma propriedade intrínseca de um sistema, mas sim uma forma de energia em trânsito que pode ser transferida entre sistemas por condução, convecção ou radiação (Young; Freedman, 2016).

É importante destacar que alterações na temperatura de um corpo podem ocorrer não apenas devido à transferência de calor, mas também por meio da transferência de outras formas de energia, como trabalho mecânico. Essa distinção é crucial para a compreensão de fenômenos térmicos em diversos campos, desde a meteorologia até a engenharia de materiais (Halliday; Resnick; Walker, 2016).

Portanto, enquanto a temperatura é uma medida direta do estado térmico de um material, o calor é a energia em movimento que busca equalizar as diferenças de temperatura entre sistemas, desempenhando um papel fundamental em processos naturais e tecnológicos. A compreensão da distinção entre temperatura e calor é crucial para o estudo da termodinâmica, uma área da física que se dedica ao estudo das relações entre calor, trabalho e energia interna.

3.4.2 Unidades de Calor e Energia

Como o calor é uma forma de energia em trânsito, há uma relação entre as unidades de calor e as unidades de energia mecânica. Experimentos similares aos realizados por Joule demonstraram as seguintes equivalências:

- **1 cal = 4,186 J**: Esta relação indica que uma caloria, que é uma unidade comum para medir calor, é equivalente a aproximadamente 4,186 joules. Isso significa que a energia necessária para elevar a temperatura de um grama de água em 1 grau Celsius é aproximadamente 4,186 joules;
- **1 kcal = 1.000 cal = 4.186 J**: Uma quilocaloria, frequentemente usada em nutrição e na análise de dietas, equivale a 1.000 calorias ou aproximadamente 4,186 joules. Isso é importante para calcular o valor energético dos alimentos e entender a energia necessária para o corpo humano;
- **Btu = 778 ft·lb = 252 cal = 1.055 J**: A British Thermal Unit (Btu), utilizada principalmente nos Estados Unidos, é a quantidade de calor necessária para elevar a temperatura de uma libra de água em 1 grau Fahrenheit. Ela também pode ser convertida em outras unidades, como 252 calorias ou aproximadamente 1,055 joules. Essa unidade é crucial em aplicações de aquecimento e ar condicionado.

A caloria não é uma unidade fundamental do Sistema Internacional (SI). O Comitê Internacional de Pesos e Medidas recomenda o uso do joule como a unidade básica para todas as formas de energia, incluindo o calor. Isso proporciona uma base comum e consistente para medir e comparar diferentes formas de energia em todo o mundo, promovendo a precisão e a clareza nas medições científicas e técnicas. Adotar o joule como unidade padrão ajuda na integração de conceitos e resultados em várias disciplinas científicas e na aplicação de princípios energéticos em engenharia e tecnologia (Young; Freedman, 2016).

3.4.3 Calor Específico

O calor específico de uma substância, representado pela letra c , é uma propriedade que indica a quantidade de calor necessária para elevar a temperatura de uma determinada massa dessa substância em uma certa quantidade. Essa quantidade de calor é medida em joules por

quilograma por kelvin (J/kg·K) ou em calorias por grama por grau Celsius (cal/g·°C) (Nussenzweig, 2014).

Quando uma substância sofre uma variação de temperatura ΔT , a quantidade de calor Q transferida para ela pode ser calculada pela equação:

$$Q = mc\Delta T \quad \text{Eq. 3.12}$$

O símbolo Q representa a quantidade de calor transferida entre um sistema e seu entorno. Quando associado a uma variação infinitesimal de temperatura dT , essa quantidade é denominada dQ . Observa-se que a quantidade de calor Q necessária para elevar a temperatura de uma massa m de um material de T_1 até T_2 é aproximadamente proporcional à variação de temperatura $\Delta T = T_2 - T_1$. Além disso, Q também é diretamente proporcional à massa m do material (Young; Freedman, 2016).

O calor específico c possui valores diferentes para cada tipo de material. Para variações infinitesimais de temperatura dT e quantidade de calor dQ , temos:

$$dQ = mc dT \quad \text{Eq. 3.13}$$

$$c = \frac{1}{m} \frac{dQ}{dT} \quad (\text{calor específico}) \quad \text{Eq. 3.14}$$

Essas equações são fundamentais para entender como a quantidade de calor é transferida e absorvida por diferentes materiais em resposta a mudanças de temperatura.

A Tabela 3.3 apresenta os valores de calor específico de diversas substâncias. O calor específico é uma propriedade intrínseca da matéria que indica a quantidade de energia térmica (calor) necessária para elevar a temperatura de 1 kg de uma substância em 1 K. Em outras palavras, o calor específico quantifica a resistência de uma substância a variações de temperatura. Substâncias com alto calor específico, como a água, requerem uma grande quantidade de calor para aumentar sua temperatura, enquanto substâncias com baixo calor específico, como os metais, aquecem mais rapidamente (Serway; Jewett Jr, 2012).

Tabela 3.3 – Calor específico.

Substância	Calor específico, c (J/kg . K)
Alumínio	910
Berílio	1970
Cobre	390
Etanol	2428
Etilenoglicol	2386
Gelo (0 °C)	2100
Ferro	470
Chumbo	130
Mármore (CaCO ₃)	879
Merúrio	138
Sal (NaCl)	879
Prata	234
Água (líquida)	4190

Fonte: Young e Freedman (2016).

Os valores listados na tabela são calores específicos à pressão constante (c_p) para materiais sólidos e líquidos. Para gases, onde as condições podem variar mais facilmente, são utilizados calores específicos a volume constante (c_v). A diferença entre c_p e c_v em gases é significativa, refletindo a capacidade do sistema de realizar trabalho ao expandir-se durante o processo de aquecimento. Essas diferenças são exploradas em detalhes na seção 3.7, onde se discute o comportamento térmico de gases em diferentes condições de pressão e volume.

3.4.4 Calorimetria e Transições de Fase: O Papel do Calor Latente

Calorimetria é o ramo da física que se dedica à medição e estudo da transferência de calor. Além de considerar as variações de temperatura, a calorimetria abrange as transições de fase, como fusão, vaporização e sublimação, que envolvem a absorção ou liberação de calor sem alterar a temperatura do sistema.

As transições de fase referem-se às mudanças de estado da matéria, como sólido, líquido ou gasoso, que ocorrem a temperaturas específicas e envolvem alterações no volume e na densidade (Young; Freedman, 2016).

Fusão e Solidificação: Um exemplo clássico é a fusão do gelo. Quando calor é fornecido ao gelo a 0°C, ele não aumenta sua temperatura, mas sim funde, transformando-se

em água líquida. O calor necessário para converter uma massa m de sólido em líquido é chamado de calor de fusão (L_f)

$$Q = m L_f$$

Para a água submetida a uma pressão atmosférica normal, o calor de fusão é dado por

$$L_f = 3,34 \times 10^5 \text{ J/kg} = 79,6 \text{ cal/g} = 143 \text{ Btu/lb}$$

Durante a solidificação, a mesma quantidade de calor é liberada quando a substância passa da fase líquida para a sólida.

Vaporização e Condensação: Na vaporização, um líquido se transforma em gás. O calor envolvido nesse processo é o calor de vaporização (L_v). Assim como na fusão, o calor necessário para vaporizar uma massa m de líquido é dado por:

$$Q = m L_v$$

Sob pressão atmosférica normal, o calor de vaporização L_v da água é

$$L_v = 2,256 \times 10^5 \text{ J/kg} = 539 \text{ cal/g} = 970 \text{ Btu/lb}$$

Durante a condensação, o gás se transforma novamente em líquido, liberando a mesma quantidade de calor.

Portanto, o conceito de calor latente refere-se à quantidade de calor necessária para mudar a fase de uma unidade de massa de uma substância, mantendo a temperatura constante durante a transição de fase. O calor latente de fusão (L_f) é a quantidade de calor necessária para fundir uma unidade de massa de um sólido em líquido, enquanto o calor latente de vaporização (L_v) é a quantidade de calor necessária para vaporizar uma unidade de massa de um líquido em gás (Halliday; Resnick; Walker, 2016).

$$Q = \pm m L \quad \text{Eq. 3.15}$$

Esses processos de transição de fase são reversíveis e ocorrem a temperaturas específicas, como a temperatura de fusão e a temperatura de ebulição. Durante essas transições, a temperatura do sistema permanece constante até que a mudança de fase esteja completa. Além da fusão e ebulição, existem outros processos como a sublimação, onde uma substância sólida passa diretamente para a fase gasosa, e a condensação, onde um gás se transforma em líquido.

O calor associado a esses processos é conhecido como calor de sublimação (Serway; Jewett Jr, 2012).

A Tabela 3.4 apresenta os valores de calor latente de fusão (L_f) e calor latente de vaporização (L_v) para várias substâncias comuns.

Tabela 3.4 – Calor Latente.

Substância	Ponto de fusão normal		Calor de fusão, L_f (J/kg)	Ponto de ebulição normal		Calor de vaporização, L_v (J/kg)
	K	°C		K	°C	
Hélio	*	*	*	4,216	- 268,93	$20,9 \times 10^3$
Hidrogênio	13,84	- 259,31	$58,6 \times 10^3$	20,26	- 252,89	452×10^3
Nitrogênio	63,18	209,97	$25,5 \times 10^3$	77,34	- 195,8	201×10^3
Oxigênio	54,36	218,79	$13,8 \times 10^3$	90,18	- 183,0	213×10^3
Etanol	159	114	$104,2 \times 10^3$	351	78	854×10^3
Mercúrio	234	39	$11,8 \times 10^3$	630	357	272×10^3
Água	273,15	0,0	334×10^3	373,15	100,0	2.256×10^3
Enxofre	392	119	$38,1 \times 10^3$	717,75	444,60	326×10^3
Chumbo	600,5	327,3	$24,5 \times 10^3$	2.023	1.750	871×10^3
Antimônio	903,65	630,50	165×10^3	1.713	1.440	561×10^3
Prata	1.233,95	960,80	$88,3 \times 10^3$	2.466	2.193	2.336×10^3
Ouro	1.336,15	1.063,0	$64,5 \times 10^3$	2.933	2.660	1.578×10^3
Cobre	1.356	1.083	134×10^3	1.460	1.187	5.069×10^3

Fonte: Young e Freedman (2016).

Na tabela, o calor de fusão representa a quantidade de calor necessária para converter uma unidade de massa de sólido em líquido, mantendo a temperatura constante durante a fusão. Já o calor de vaporização indica a quantidade de calor necessária para transformar uma unidade de massa de líquido em gás, mantendo a temperatura constante durante a vaporização. É relevante notar que esses valores podem variar ligeiramente com a pressão, conforme indicado na tabela, o que é crucial em condições não padronizadas. Esses dados são essenciais em aplicações práticas, desde a engenharia de materiais até processos industriais, onde o controle preciso das transições de fase é fundamental para assegurar a eficiência e segurança dos processos.

3.5 Mecanismos de transferência

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

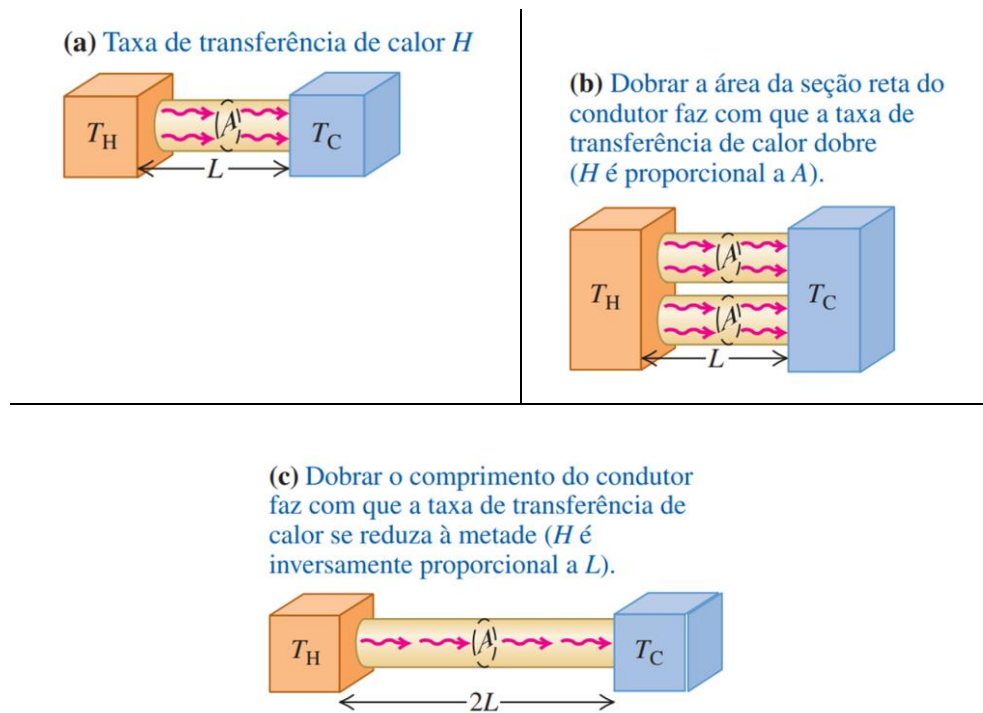
1. **Condução:** Este mecanismo ocorre dentro de um material ou entre dois corpos em contato direto. O calor se propaga através da vibração e colisão dos átomos ou moléculas no interior do material;
2. **Convecção:** Dependente do movimento de massa, a convecção envolve o transporte de calor através de um fluido (líquido ou gás) de uma região para outra. Este movimento pode ocorrer naturalmente (devido a diferenças de densidade causadas por variações de temperatura) ou ser forçado, como em sistemas de aquecimento ou resfriamento;
3. **Radiação:** Neste mecanismo, o calor é transferido através de ondas eletromagnéticas, como a luz solar. A radiação não requer um meio material para se propagar e pode ocorrer no vácuo ou através de meios transparentes.

3.5.1 Condução

A condução térmica é um processo de transferência de calor que ocorre predominantemente em sólidos, onde os átomos e moléculas estão mais próximos uns dos outros. Ao receber energia térmica, as partículas de uma região mais quente vibram com maior intensidade, transmitindo parte dessa energia para suas vizinhas por meio de colisões. Essa transferência de energia se propaga gradativamente por todo o material, até que um equilíbrio térmico seja atingido. Nos metais, a presença de elétrons livres, que podem se mover livremente pela estrutura cristalina, contribui significativamente para a alta condutividade térmica, permitindo uma transferência de calor mais eficiente (Serway; Jewett Jr, 2012).

A condução térmica é um processo de transferência de calor que ocorre exclusivamente do corpo mais quente para o mais frio. A Figura 3.8 exemplifica esse fenômeno em uma barra, onde o calor flui da região de maior temperatura para a de menor temperatura. A Lei de Fourier quantifica esse fluxo de calor, expressando que a taxa de transferência de calor (H) é diretamente proporcional à área da seção transversal da barra, ao gradiente de temperatura e à condutividade térmica do material. Em outras palavras, quanto maior a diferença de temperatura entre as extremidades da barra, maior a área da seção transversal e maior a condutividade térmica do material, maior será a taxa de transferência de calor.

Figura 3.8 – Condução de Calor em uma Barra Uniforme.



Fonte: Young e Freedman (2016).

Na parte (a) da Figura 3.8, é mostrada uma barra de comprimento L e área da seção reta A . A extremidade esquerda da barra está mantida a uma temperatura \square_H (quente) e a outra a uma temperatura \square_C (fria) menor. A seta indica o fluxo de calor H da extremidade quente para a extremidade fria. H é a taxa de transferência de calor por condução através da barra e é proporcional à diferença de temperatura $\square_H - \square_C$, à área da seção reta A , e à condutividade térmica k do material da barra (Young; Freedman, 2016).

A parte (b) da Figura 3.8, demonstra como a taxa de transferência de calor H é diretamente proporcional à área da seção reta A . Aumentar a área da seção reta do condutor, sem alterar outras variáveis como diferença de temperatura e comprimento da barra, resulta em uma maior taxa de transferência de calor. Isso ocorre porque uma área maior oferece mais caminho para o calor fluir através do material condutor (Young; Freedman, 2016).

Por fim, a parte (c) da Figura 3.7, é ilustrado que a taxa de transferência de calor H é inversamente proporcional ao comprimento L da barra. Aumentar o comprimento da barra, mantendo constante a área da seção reta e a diferença de temperatura, resulta em uma redução na taxa de transferência de calor. Isso ocorre porque um comprimento maior aumenta a resistência ao fluxo de calor, permitindo que menos calor seja transferido ao longo do mesmo intervalo de tempo.

A equação 3.16 descreve a taxa de transferência de calor por condução através de um material homogêneo.

$$H = \frac{dQ}{dt} = kA \frac{T_H - T_C}{L} \quad \text{Eq. 3.16}$$

A quantidade $(T_H - T_C)/L$ é denominada módulo do gradiente de temperatura, representando a variação de temperatura por unidade de comprimento da barra. Quanto maior essa diferença de temperatura e maior a área de seção transversal da barra, maior será a taxa de transferência de calor. Por outro lado, materiais com baixa condutividade térmica k conduzem calor mais lentamente e são frequentemente utilizados como isolantes (Serway; Jewett Jr, 2012).

Quando a temperatura varia de maneira não uniforme ao longo do comprimento da barra, introduzimos a coordenada x ao longo do comprimento e descrevemos o gradiente de temperatura dx/dT . A generalização da Equação 3.17 para esse caso é dada por:

$$H = \frac{dQ}{dt} = -kA \frac{dT}{dx} \quad \text{Eq. 3.17}$$

onde o sinal negativo indica que o fluxo de calor ocorre na direção da diminuição da temperatura. Se $dT/dx > 0$, então $H < 0$, indicando que o calor está sendo transferido da região de temperatura mais alta para a mais baixa ao longo da coordenada x .

No contexto do isolamento térmico de edifícios, os engenheiros utilizam o conceito de resistência térmica, representada por R . A resistência térmica R de uma placa com área A é definida de forma que a taxa de transferência de calor H seja expressa pela equação:

$$H = - \frac{A (T_H - T_C)}{R} \quad \text{Eq. 3.18}$$

onde T_H e T_C são as temperaturas das duas faces opostas da placa. Comparando essa relação com a Equação 3.16 anteriormente mencionada, podemos deduzir que a resistência térmica R é dada por:

$$R = - \frac{L}{k} \quad \text{Eq. 3.19}$$

onde L é a espessura da placa e k é a condutividade térmica do material. A unidade SI de R é $\text{m}^2/\text{K}\cdot\text{W}$. Nos Estados Unidos, as unidades usadas para materiais comerciais são diferentes: H é expresso em Btu/h (*British thermal units* por hora), A está em ft^2 (pés quadrados), e $T_H - T_C$ em $^\circ\text{F}$ (graus Fahrenheit). ($1 \text{ Btu/h} \approx 0,293 \text{ W}$.) Portanto, as unidades de R são $\text{ft}^2\cdot^\circ\text{F}\cdot\text{h}/\text{Btu}$, embora os valores de R sejam frequentemente indicados sem unidades explícitas.

3.5.2 Convecção

A convecção é um processo de transferência de calor que ocorre devido ao movimento da massa de um fluido de uma região para outra. Este fenômeno descreve como o calor é transportado quando o fluido se move, seja devido a uma força externa como um ventilador (convecção forçada) ou devido à diferença de densidade causada por variações de temperatura (convecção natural ou livre) (Young; Freedman, 2016).

Exemplos comuns incluem sistemas de aquecimento de água em residências, refrigeração de motores de automóveis e o fluxo sanguíneo no corpo humano. A convecção natural na atmosfera é fundamental para o clima diário, enquanto nos oceanos, é um mecanismo importante de distribuição de calor global. Em escalas menores, pilotos de planadores e aves como águias aproveitam correntes de ar ascendentes geradas pelo aquecimento terrestre. No corpo humano, a convecção forçada do sangue desempenha um papel crucial na regulação da temperatura corporal, com o coração funcionando como uma bomba para impulsionar o fluxo sanguíneo (Halliday; Resnick; Walker, 2016).

A transferência de calor por convecção é complexa e não pode ser descrita por uma equação simples. No entanto, alguns fatos experimentais são observados:

1. A taxa de transferência de calor por convecção é diretamente proporcional à área da superfície envolvida. Por isso, radiadores e aletas de refrigeração possuem áreas superficiais grandes;
2. A viscosidade do fluido afeta o movimento da convecção natural próxima a superfícies estacionárias, criando uma camada de película ao longo da superfície. Esta película, quando vertical, tem um efeito isolante similar a cerca de 1,3 cm de madeira compensada ($R \approx 0,7$). Convecção forçada reduz a espessura dessa película, aumentando a taxa de transferência de calor. Isso explica por que ventos frios aumentam a sensação de frio, mesmo com a mesma temperatura do ar em repouso;

3. A taxa de transferência de calor por convecção é aproximadamente proporcional à potência de $5/4$ da diferença de temperatura entre a superfície e o fluido circundante.

Esses aspectos destacam a complexidade e a importância da convecção como um mecanismo crucial na transferência de calor em diversas aplicações, desde o ambiente atmosférico até processos biológicos no corpo humano.

3.5.3 Radiação

A radiação (ou irradiação) é um mecanismo de transferência de calor que ocorre através de ondas eletromagnéticas, como luz visível, radiação infravermelha e ultravioleta. Diferentemente da condução e da convecção, a radiação não requer um meio material para se propagar; ela pode ocorrer através do vácuo. Por exemplo, o calor que sentimos do sol ou das brasas de uma churrasqueira é transmitido principalmente por radiação (Serway; Jewett Jr, 2012).

Qualquer corpo emite radiação eletromagnética mesmo à temperatura ambiente. A maior parte dessa radiação em temperaturas normais é na forma de ondas infravermelhas, que têm comprimentos de onda mais longos que a luz visível. À medida que a temperatura do corpo aumenta, o espectro de radiação emitida se desloca para comprimentos de onda menores. Por exemplo, a $800\text{ }^{\circ}\text{C}$, um corpo emite radiação visível suficiente para parecer “vermelho quente”, enquanto a $3.000\text{ }^{\circ}\text{C}$, como em um filamento de lâmpada incandescente, emite radiação visível o suficiente para parecer “branco quente”, embora a maior parte ainda seja infravermelha (Young; Freedman, 2016).

A taxa de radiação de energia de uma superfície é descrita pela Lei de Stefan-Boltzmann, expressa pela equação:

$$H = A\varepsilon\sigma T^4 \quad \text{Eq. 3.20}$$

onde:

- H é a taxa de transferência de calor por radiação,
- A é a área da superfície irradiante,
- ε é a emissividade da superfície (um número adimensional entre 0 e 1 que representa a eficiência com que a superfície emite radiação em relação a um corpo negro),
- σ é a constante de Stefan-Boltzmann ($5,6703731 \times 10^{-8}\text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$),

- T é a temperatura absoluta da superfície em Kelvin.

A radiação também envolve a absorção de energia radiante pelo corpo. Quando um corpo está em equilíbrio térmico com o ambiente ao seu redor, a taxa de absorção de radiação é igual à taxa de emissão. Assim, a transferência líquida de calor por radiação é determinada pela diferença de temperatura entre o corpo irradiante e o ambiente:

$$H_{Total} = A\varepsilon\sigma (T^4 - T_s^4) \quad \text{Eq. 3.21}$$

onde T_s é a temperatura do ambiente que está irradiando de volta para o corpo. Na Equação 3.21, um valor positivo de H significa que o fluxo de calor resultante ocorre para fora do corpo. Isso acontecerá se $T > T_s$.

3.6 Propriedades Térmicas da Matéria

Neste estudo, iniciaremos examinando as propriedades térmicas da matéria, com foco nos aspectos macroscópicos, especialmente nos gases ideais, que são os mais simples para compreensão. Vamos correlacionar as propriedades macroscópicas de um gás ideal ao comportamento microscópico de suas moléculas, além de aplicar esses conceitos para entender o calor específico de gases e sólidos, e analisar as fases da matéria — gasosa, líquida e sólida — e os fatores que determinam essas fases (Halliday, Resnick; Walker, 2016).

3.6.1 Equações de estado

O estudo das propriedades térmicas da matéria envolve a análise das variáveis de estado: pressão (P), volume (V), temperatura (T) e quantidade de substância (massa total, m_{tot} , ou número de mols, n). Essas variáveis estão inter-relacionadas, e alterações em uma afetam as outras. A relação entre essas variáveis pode ser descrita por equações de estado. Um exemplo simples é a equação para o volume V de um material em função das mudanças de pressão e temperatura:

$$V = V_0 [1 + \beta (T - T_0) - k (P - P_0)] \quad \text{Eq. 3.22}$$

onde V_0 é o volume inicial, T_0 a temperatura inicial, e P_0 a pressão inicial.

Assim, tanto os princípios macroscópicos quanto os microscópicos são essenciais para entender e quantificar as propriedades térmicas da matéria, seja em contextos cotidianos ou em laboratório.

3.6.1.1 Equação do gás ideal

A equação do gás ideal é outro tipo simples de equação de estado. Na Figura 3.9, mostramos um dispositivo experimental para estudar o comportamento de um gás. O cilindro possui um pistão móvel para variar o volume, a temperatura é ajustada por aquecimento e o gás pode ser adicionado ou retirado. Medimos então a pressão, volume, temperatura e quantidade de gás. A terceira lei de Newton garante que as pressões exercidas pelo cilindro sobre o gás e vice-versa são iguais.

Ao quantificar a quantidade de matéria presente em um sistema, especialmente quando lidamos com gases, o uso do número de moles (n) se mostra muito mais prático e conveniente do que o uso da massa (m). Essa preferência se deve à natureza discreta da matéria, composta por átomos e moléculas. O número de moles estabelece uma relação direta com a quantidade de partículas presentes em uma amostra, facilitando a compreensão de diversos fenômenos químicos e físicos.

A massa molar (M) de uma substância é definida como a massa de um mol dessa substância. Um mol representa uma quantidade fixa de partículas, correspondendo a aproximadamente $6,022 \times 10^{23}$ entidades elementares (número de Avogadro). A massa molar é uma propriedade característica de cada substância e é expressa em gramas por mol (g/mol). A tabela periódica é uma ferramenta indispensável para determinar a massa molar de elementos e compostos.

Em geral, é mais prático descrever a quantidade de gás pelo número de moles n do que pela massa. A massa molar M de um composto é a massa por mol:

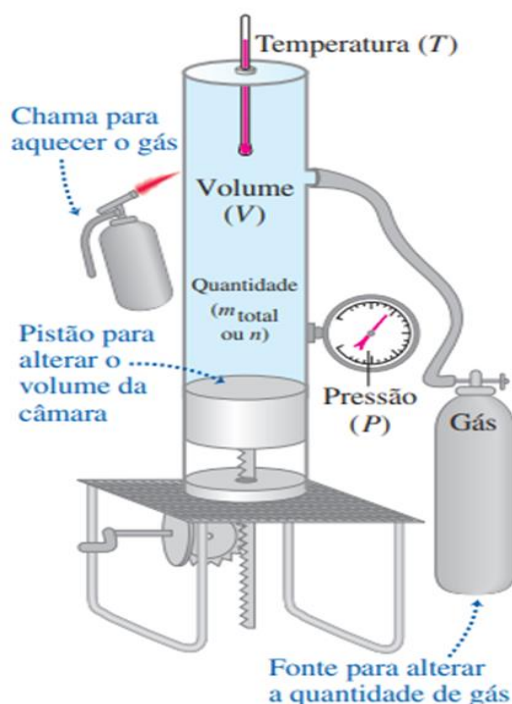
$$m_{tot} = nM. \quad \text{Eq. 3.23}$$

Dessa forma, quando sabemos o número de moles de um gás no cilindro, podemos calcular a massa do gás por meio da Equação 3.23.

A Figura 3.9 ilustra um dispositivo experimental hipotético para estudar o comportamento dos gases. Ao aquecer o gás, variar o volume com um pistão móvel e adicionar

mais gás, é possível controlar a pressão (P), o volume (V), a temperatura (T) e o número de moles (n).

3.9 – Dispositivo hipotético para estudar gases.



Fonte: Young e Freedman (2016).

O dispositivo, ilustrado na Figura 3.9, consiste em um cilindro com um pistão móvel, que permite variar o volume do gás. A temperatura pode ser ajustada através do aquecimento, e a quantidade de gás pode ser controlada adicionando mais gás ao cilindro. Durante o experimento, medem-se a pressão (P), o volume (V), a temperatura (T) e o número de moles (n) do gás. Este arranjo permite a análise detalhada das relações entre essas variáveis, fundamental para a compreensão das equações de estado dos gases ideais.

Medidas do comportamento de muitos gases conduzem a três conclusões:

1. O volume V é proporcional ao número de moles n . Quando dobramos n , mantendo a temperatura e a pressão constantes, o volume duplica.
2. O volume é inversamente proporcional à pressão absoluta P . Quando dobramos a pressão, mantendo a temperatura T e o número de moles n constante, o gás se comprime à metade do volume inicial. Em outras palavras, PV é constante quando n e T permanecem constantes.

3. A pressão é proporcional à temperatura absoluta T . Quando dobramos T , mantendo o volume e o número de moles constantes, a pressão dobra. Em outras palavras, $P \propto T$ quando n e V são constantes.

Essas três proporcionalidades podem ser combinadas em uma única equação, denominada equação do gás ideal:

$$PV = nRT \quad \text{Eq. 3.24}$$

Um gás ideal é aquele cujo comportamento pode ser descrito com precisão pela Equação 3.24 em todas as pressões e temperaturas. Trata-se de um modelo idealizado, que funciona melhor com pressões muito pequenas e temperaturas muito elevadas, quando as distâncias entre as moléculas são muito grandes e se deslocam com velocidades elevadas. Esse modelo funciona razoavelmente bem (com erro percentual pequeno) para pressões moderadas (até algumas atmosferas) e para temperaturas muito acima daquela na qual o gás se liquefaz (Nussenzveig, 2014).

Poderíamos esperar que a constante de proporcionalidade R da equação do gás ideal apresentasse diferentes valores para gases diferentes, porém verificamos que ela tem o mesmo valor para todos os gases, pelo menos em pressões suficientemente baixas e temperaturas suficientemente elevadas. Ela é chamada de constante dos gases ideais (ou simplesmente constante dos gases). Usando unidades do sistema SI, no qual a unidade da pressão P é Pa (1 Pa = 1 N/m²) e a unidade de volume V é m³, o valor atual mais aproximado de R é:

$$R = 8,3144621(75) \text{ J/mol} \cdot \text{K}$$

ou, com quatro algarismos significativos $R = 8,314 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$. Para aplicações em química, onde os volumes são frequentemente expressos em litros (L) e as pressões em atmosferas (atm), R é aproximadamente:

$$R = 0,08206 \frac{\text{L} \cdot \text{atm}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

A equação dos gases ideais pode ser expressa em termos da massa total m_{tot} do gás usando a Eq. 3.23:

$$PV = \frac{m_{tot}}{M} RT \quad \text{Eq. 3.25}$$

A partir dessa relação, podemos obter uma expressão para a densidade, $\rho = m_{tot}/V$, do gás:

$$\rho = \frac{PM}{RT} \quad \text{Eq. 3.26}$$

Para uma massa constante (ou número de moles constante), o produto PV de um gás ideal é constante, então P/P_0 também é constante. Para dois estados da mesma massa de um gás, designados pelos subscritos 1 e 2, podemos escrever:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} = \text{constante} \quad \text{Eq. 3.27}$$

Essas equações demonstram como a pressão, volume e temperatura estão inter-relacionados para um gás ideal, destacando a aplicação prática da equação do gás ideal em diferentes condições e escalas de temperatura.

3.7 A Primeira Lei da Termodinâmica

A Primeira Lei da Termodinâmica, também conhecida como a lei da conservação da energia, estabelece que a energia total de um sistema isolado é constante. Em termos mais simples, essa lei afirma que a energia não pode ser criada nem destruída, apenas transformada de uma forma para outra. Matematicamente, essa lei é expressa pela equação:

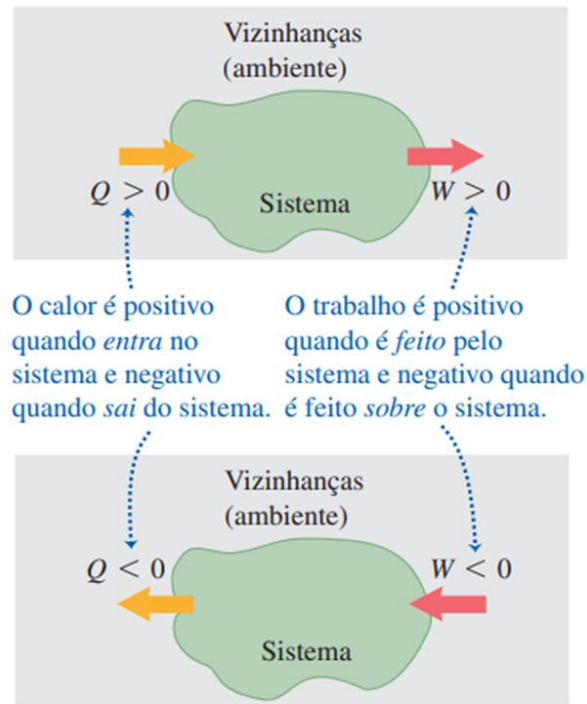
$$\Delta U = Q - W \quad \text{Eq. 3.28}$$

3.7.1 Sistemas Termodinâmicos

Um sistema termodinâmico é uma parte específica do universo que é isolada para análise, enquanto tudo fora deste sistema é considerado sua vizinhança ou ambiente. A interação entre o sistema termodinâmico e seu ambiente ocorre principalmente através da troca

de calor (Q) e trabalho (W). A Figura 3.9 ilustra essas interações e as convenções de sinais associadas, essenciais para compreender como essas trocas de energia acontecem.

Figura 3.10 – Interações Energéticas em Sistemas Termodinâmicos.



Fonte: Young e Freedman (2016).

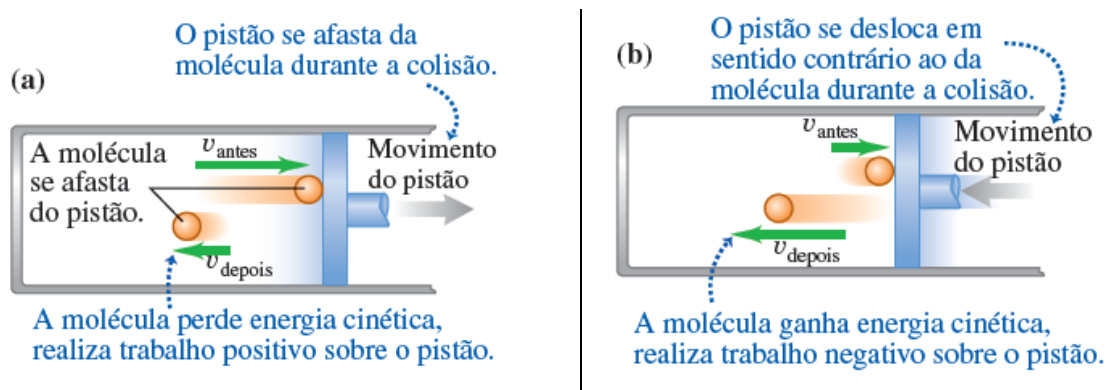
Na figura, observamos que Q positivo indica que calor está sendo transferido para dentro do sistema, aumentando sua energia interna, enquanto Q negativo significa que calor está saindo do sistema, diminuindo sua energia interna. Por outro lado, W positivo indica que o sistema está realizando trabalho sobre seu ambiente, resultando em uma transferência líquida de energia para fora do sistema. Quando W é negativo, significa que o ambiente está realizando trabalho sobre o sistema, transferindo energia para dentro dele.

Essas convenções encontram aplicações práticas em diversos processos termodinâmicos, como o aquecimento e a compressão de um gás. Ao fornecer calor a um gás, aumentamos a energia cinética média de suas partículas, elevando sua temperatura. Se a quantidade de calor fornecido (Q) exceder o trabalho realizado pelo gás (W), a energia interna do sistema (ΔU) aumenta, de acordo com a primeira lei da termodinâmica. Por outro lado, na compressão de um gás, onde não há troca de calor com o ambiente (processo adiabático), todo o trabalho realizado sobre o gás é convertido em aumento da energia interna, resultando em um acréscimo em sua temperatura.

3.7.2 Trabalho realizado durante variações de volume

No contexto dos sistemas termodinâmicos, como um gás em um cilindro com um pistão móvel, o trabalho realizado durante variações de volume é essencial para entender processos como expansão e compressão. Quando um gás se expande, ele realiza trabalho positivo ao empurrar as fronteiras do sistema para fora. O mesmo princípio se aplica a líquidos e sólidos que se expandem sob pressão.

Figura 3.11 – Trabalho realizado por uma molécula durante interação com um pistão.



Fonte: Young e Freedman (2016).

A figura 3.11 ilustra o conceito fundamental de trabalho realizado por um gás durante processos de expansão e compressão em um cilindro com pistão móvel. Quando uma molécula colide com o pistão, ela exerce uma força que realiza trabalho sobre o pistão. Se o pistão está se afastando da molécula (Figura 3.11 (a)), o trabalho realizado é positivo, indicando uma expansão do gás. Por outro lado, se o pistão está se movendo na direção da molécula (Figura 3.11 (b)), o trabalho realizado é negativo, indicando uma compressão do gás. Essa representação visualiza claramente como o trabalho mecânico associado às colisões moleculares varia conforme a direção do movimento do pistão, influenciando o comportamento termodinâmico do sistema (Young; Freedman, 2016).

Durante uma expansão, as moléculas de gás colidem com o pistão, exercendo uma força que move o pistão contra uma pressão P . O trabalho dW realizado durante uma variação infinitesimal de volume dV é expresso por:

$$dW = P dV \quad \text{Eq. 3.29}$$

Para uma variação finita de volume desde V_1 até V_2 , temos:

$$W = \int_{V_1}^{V_2} P dV \quad \text{Eq. 3.30}$$

A pressão P pode variar durante o processo, como nos motores de automóveis, onde os pistões se movem alterando o volume do cilindro. O trabalho realizado é representado graficamente em um diagrama P - V , onde a área sob a curva de P versus V entre V_1 e V_2 corresponde ao trabalho realizado pelo sistema.

Existem casos especiais: se a pressão P é constante durante a variação de volume V_1 para V_2 , o trabalho simplifica para:

$$W = P (V_2 - V_1) \quad \text{Eq. 3.31}$$

3.7.3 Energia interna e a primeira lei da termodinâmica

A energia interna é um conceito fundamental na termodinâmica, representada pelo símbolo U . Ela reflete a energia total das partículas constituintes de um sistema, incluindo tanto as energias cinéticas quanto as potenciais das moléculas e átomos que o compõem. A variação da energia interna ΔU de um sistema está relacionada à transferência de calor Q e ao trabalho W realizados pelo sistema durante um processo termodinâmico.

A primeira lei da termodinâmica afirma que a variação da energia interna de um sistema (ΔU) é igual à soma do calor adicionado ao sistema (Q) e do trabalho realizado pelo sistema (W). Matematicamente, isso é expresso pela equação:

$$Q = \Delta U + W \quad \text{Eq. 3.32}$$

Além disso, a energia interna U é uma função de estado, o que significa que seu valor depende apenas do estado atual do sistema (como pressão, volume e temperatura), independentemente do caminho pelo qual o sistema passou para atingir esse estado. Isso é crucial porque permite uma definição operacional da energia interna que não depende de detalhes microscópicos, facilitando sua medição e análise em processos termodinâmicos.

3.7.4 Tipos de processos termodinâmicos

Um processo adiabático ocorre quando um sistema não troca calor com o ambiente externo. Isso pode ser alcançado de duas maneiras principais: isolando termicamente o sistema para evitar trocas de calor, ou realizando o processo tão rapidamente que não há tempo suficiente para que ocorram transferências significativas de calor. Na prática, isso é frequentemente observado em processos rápidos ou em sistemas bem isolados (Young; Freedman, 2016).

Pela primeira lei da termodinâmica, que descreve a conservação de energia, a variação na energia interna de um sistema (ΔU) durante um processo adiabático está relacionada ao trabalho realizado pelo sistema sobre seu ambiente (W). Se o sistema se expande adiabaticamente, ele realiza trabalho sobre o ambiente externo, resultando em uma diminuição na energia interna, $\Delta U = -W$. Por outro lado, se o sistema é comprimido adiabaticamente, o trabalho é realizado sobre o sistema pelo ambiente externo, resultando em um aumento na energia interna, $\Delta U = +W$ (Nussenzveig, 2014).

Um processo isocórico, ou a volume constante, ocorre quando o volume do sistema permanece inalterado ao longo do processo. Isso implica que nenhum trabalho é realizado pelo sistema sobre seu ambiente ($W = 0$). Portanto, toda a energia adicionada ou removida do sistema ocorre na forma de calor (Q), alterando diretamente a energia interna do sistema (Halliday; Resnick; Walker, 2016).

Um processo isobárico é aquele em que a pressão do sistema é mantida constante durante todo o processo. Durante um processo isobárico, o trabalho realizado pelo sistema pode ser calculado pela fórmula $W = P(V_2 - V_1)$, onde P é a pressão constante e V_1 e V_2 são os volumes (Young; Freedman, 2016).

Um processo isotérmico ocorre quando a temperatura do sistema é mantida constante ao longo do processo. Para que isso aconteça, qualquer transferência de calor deve ser feita lentamente o suficiente para permitir que o sistema permaneça em equilíbrio térmico com o ambiente externo (Serway; Jewett Jr, 2012).

Esses processos termodinâmicos são fundamentais para entender como a energia pode ser transferida e transformada em sistemas físicos e são descritos pelos princípios básicos da termodinâmica, ajudando a modelar e entender uma ampla gama de fenômenos naturais e tecnológicos. A compreensão desses processos é crucial para o desenvolvimento de tecnologias mais eficientes e sustentáveis, além de contribuir para o avanço do conhecimento científico em diversas áreas.

3.8 A Segunda Lei da Termodinâmica

A Segunda Lei da Termodinâmica constitui um pilar fundamental para a compreensão do funcionamento das máquinas térmicas e, em particular, do Ciclo de Carnot. Essa lei estabelece princípios incontestáveis que regem a direção espontânea dos processos naturais, delimitando a eficiência máxima que uma máquina térmica pode alcançar. Ao analisar o Ciclo de Carnot, um modelo idealizado de máquina térmica, podemos quantificar essas limitações e compreender a importância de fatores como a temperatura das fontes quente e fria na determinação do rendimento de um sistema termodinâmico (Halliday; Resnick; Walker, 2016).

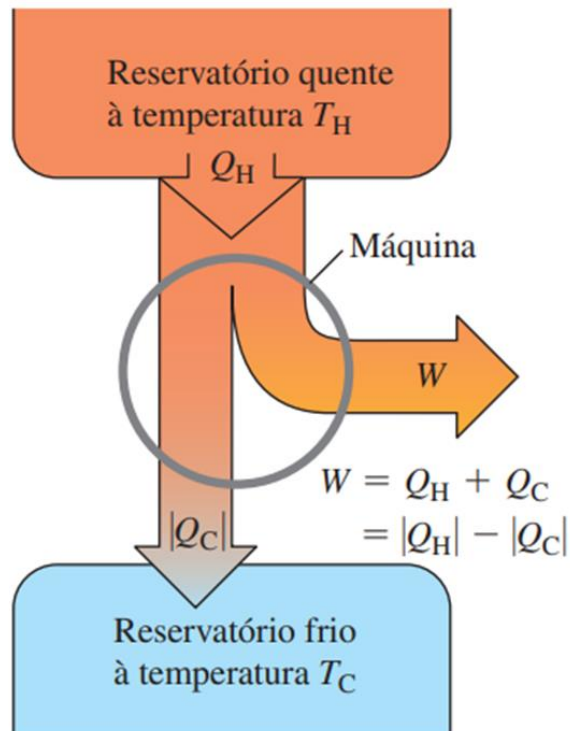
Em termos gerais, a Segunda Lei da Termodinâmica estabelece que o calor flui espontaneamente de um corpo mais quente para um corpo mais frio, e não no sentido oposto. Além disso, a lei postula que todos os processos naturais tendem a aumentar a entropia do universo, ou seja, a desordem do sistema. Essa tendência irreversível implica que a conversão completa de calor em trabalho mecânico em um único processo é impossível, como ressaltado por (Nussenzveig, 2014). Essa limitação fundamental impacta diretamente a eficiência de máquinas térmicas e outros dispositivos que operam com base na transferência de calor.

Para as máquinas térmicas, como motores a combustão interna, turbinas a vapor e motores a jato, a Segunda Lei da Termodinâmica estabelece um limite intransponível para a eficiência térmica, delimitando o máximo de trabalho que pode ser extraído do calor fornecido. Esse limite teórico é definido pelo Ciclo de Carnot, um ciclo termodinâmico ideal que opera entre dois reservatórios térmicos a temperaturas distintas: uma fonte quente (T_H) e uma fonte fria (T_C). O Ciclo de Carnot representa um caso idealizado, e na prática, as máquinas térmicas reais apresentam eficiências inferiores, devido a diversos fatores como atrito, perdas por condução térmica e irreversibilidades no processo de conversão de calor em trabalho (Young; Freedman, 2016).

3.8.1 Máquinas térmicas

As máquinas térmicas são dispositivos que convertem calor em trabalho mecânico. Utilizamos essas máquinas em uma variedade de aplicações, desde motores de carros a turbinas em usinas termelétricas. A essência de uma máquina térmica é absorver calor de uma fonte quente a uma temperatura alta (T_H), realizar trabalho mecânico (W) e rejeitar parte desse calor para uma fonte fria a temperatura mais baixa (T_C). Como ilustrado na Figura 3.12.

Figura 3.12 – Trabalho realizado por uma molécula durante interação com um pistão.



Fonte: Young e Freedman (2016).

A Figura 3.12 representa um diagrama esquemático do fluxo de energia em uma máquina térmica. Neste diagrama, há uma representação visual das interações de energia dentro da máquina térmica, mostrando como o calor é absorvido da fonte quente (reservatório quente à temperatura T_H) e como parte desse calor é convertido em trabalho mecânico (W). Após realizar trabalho, o restante do calor é rejeitado para o reservatório frio à temperatura T_C .

A eficiência térmica (e) de uma máquina térmica é definida como a razão entre o trabalho realizado (W) e o calor absorvido da fonte quente (Q_H):

$$e = \frac{W}{Q_H} \quad \text{Eq. 3.33}$$

Idealmente, gostaríamos que todo o calor absorvido fosse convertido em trabalho mecânico, mas na prática, sempre há algum calor rejeitado para a fonte fria (Q_C), o que limita a eficiência. A eficiência térmica é expressa como:

$$e = 1 - \frac{Q_C}{Q_H} \quad \text{Eq. 3.34}$$

Esses princípios são fundamentais para entender como transformamos calor em trabalho útil nas tecnologias modernas e naturais, seguindo os princípios da primeira lei da

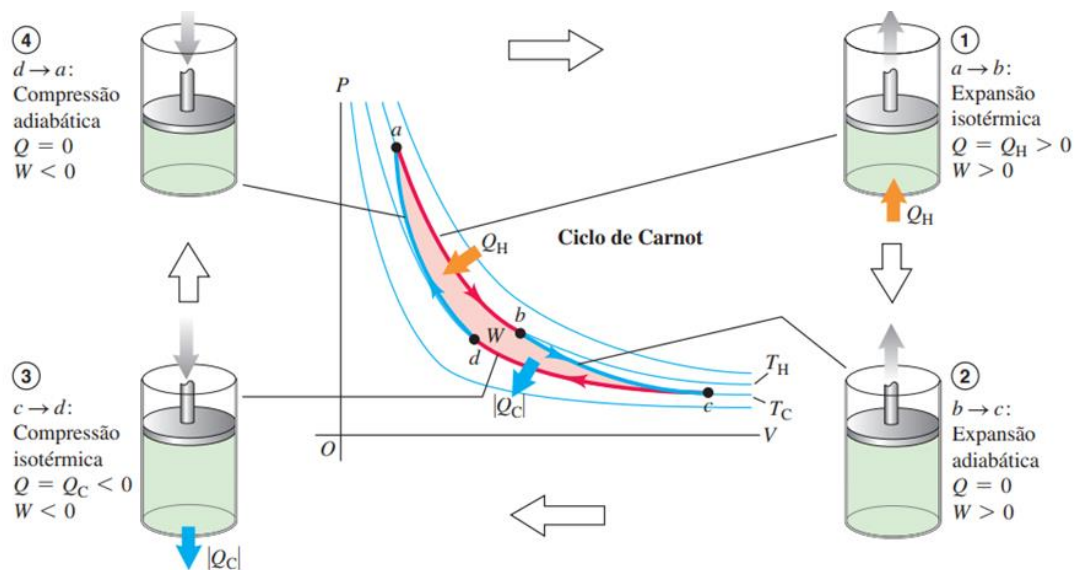
termodinâmica que garantem a conservação da energia em processos cíclicos de máquinas térmicas.

3.8.2 O ciclo de Carnot

O ciclo de Carnot, proposto pelo engenheiro francês Sadi Carnot em 1824, é fundamental para entender os limites teóricos da eficiência das máquinas térmicas conforme a segunda lei da termodinâmica. Esta lei estabelece que nenhuma máquina térmica pode ter uma eficiência de 100%, ou seja, converter completamente calor em trabalho sem perdas (Serway e Jewett Jr, 2012).

Para alcançar a máxima eficiência teórica, Carnot imaginou uma máquina térmica ideal operando em um ciclo específico, conhecido como ciclo de Carnot. Esse ciclo consiste em quatro etapas distintas: duas isotérmicas e duas adiabáticas, todas reversíveis (Figura 3.13)

Figura 3.13 – Etapas do ciclo de Carnot.



Fonte: Young e Freedman (2016).

No ciclo de Carnot, o processo começa com a expansão isotérmica (ab), onde o gás ideal absorve calor (Q_H) da fonte quente a uma temperatura constante T_H . Durante essa fase, a pressão e o volume do gás variam de forma que o calor absorvido é convertido em trabalho mecânico, conforme ilustrado pela linha isotérmica no diagrama PV.

Em seguida, ocorre a expansão adiabática (bc), caracterizada pela ausência de transferência de calor com o ambiente externo. Durante esse processo, o gás continua a

expandir-se, resultando em uma queda significativa de temperatura devido à expansão rápida, como mostrado pela linha adiabática no gráfico.

Na terceira etapa, temos a compressão isotérmica (cd), onde o gás é comprimido de volta a um volume menor, agora a uma temperatura constante T_C . Durante essa compressão, o gás rejeita calor (Q_C) para o ambiente mais frio, enquanto mantém sua temperatura constante, conforme indicado pela segunda linha isotérmica no diagrama.

Por fim, o ciclo de Carnot é completado com a compressão adiabática (da), onde o gás é comprimido adiabaticamente de volta ao seu estado inicial, restaurando suas condições iniciais de temperatura e pressão. Neste processo, não há troca de calor com o ambiente, e o gás retorna ao ponto de partida no diagrama PV.

A eficiência térmica da máquina de Carnot, denotada por e_{Carnot} , é definida como a razão entre o trabalho realizado e o calor absorvido da fonte quente:

$$e = 1 - \frac{T_C}{T_H} \quad \text{Eq. 3.35}$$

onde T_H é a temperatura da fonte quente e T_C é a temperatura da fonte fria. Esta fórmula revela que a eficiência de Carnot depende apenas das temperaturas absolutas dos reservatórios térmicos.

4 METODOLOGIA

4.1 Caracterização da Pesquisa

A pesquisa adotou uma abordagem exploratória, de campo e qualitativa, configurando-se como um relato de experiência. Segundo Marconi e Lakatos (2021), a pesquisa de campo é aquela que se desenvolve diretamente no local onde ocorre o fenômeno estudado, permitindo uma observação direta dos elementos em seu ambiente natural. Essa imersão no contexto estudado possibilita uma compreensão mais profunda e detalhada do fenômeno em questão, uma vez que o pesquisador pode captar nuances e interações que dificilmente seriam perceptíveis em um estudo realizado à distância.

A abordagem qualitativa, conforme descrita por Gil (2022), é caracterizada por seu enfoque interpretativo e subjetivo, priorizando a compreensão dos significados e percepções dos participantes em relação ao fenômeno investigado. Ao invés de buscar generalizações estatísticas, a pesquisa qualitativa valoriza a profundidade das análises e a riqueza dos dados obtidos, proporcionando uma visão holística do objeto de estudo. Essa metodologia é especialmente adequada quando se deseja explorar questões complexas e dinâmicas, onde os aspectos contextuais e as interações sociais desempenham um papel crucial.

De acordo com Marconi e Lakatos (2021), a abordagem exploratória é essencial quando se tem pouco conhecimento sobre o tema ou quando se deseja investigar novas perspectivas e hipóteses. Esse tipo de pesquisa permite ao pesquisador familiarizar-se com o fenômeno, identificar variáveis relevantes e formular questões de pesquisa mais precisas para estudos futuros.

Portanto, ao adotar uma metodologia exploratória, de campo e qualitativa, a presente pesquisa buscou não apenas descrever, mas também interpretar e compreender profundamente o fenômeno estudado, valorizando as experiências e percepções dos participantes e proporcionando *insights* valiosos para o desenvolvimento de novas investigações na área.

4.2 Participantes da Pesquisa

A pesquisa foi conduzida no Colégio Militar Tiradentes V, em Timon-MA, do qual, seus participantes foram tanto alunos típicos (23 alunos no total) e dois alunos autistas do segundo ano do ensino médio, selecionados especificamente para avaliar o impacto do jogo no ensino de Termologia. A utilização de técnicas como observação direta, entrevistas qualitativas

e aplicação de testes permitiu registrar as interações e comportamentos dos alunos durante a aplicação do jogo, bem como obter *insights* sobre suas percepções em relação ao uso do jogo como estratégia de ensino.

4.3 Técnicas e Instrumentos de Produção/Coleta de Dados

Para a coleta de dados, adotamos diversas técnicas que se mostraram adequadas para alcançar os objetivos propostos neste estudo sobre a utilização do jogo da memória como tecnologia assistiva para alunos com TEA no ensino de Termologia.

A primeira técnica consistiu na observação direta durante a aplicação do jogo da memória adaptado com conteúdo de Termologia. Durante essa observação, registramos as interações dos alunos com o jogo, bem como quaisquer reações ou comportamentos observados que pudessem fornecer *insights* sobre o impacto do jogo no processo de aprendizagem.

Além da observação direta, realizamos análises qualitativas dos dados coletados. Isso incluiu a realização de entrevistas com os alunos, buscando compreender suas percepções sobre a utilização do jogo da memória como estratégia de ensino. As entrevistas permitiram explorar de forma mais aprofundada as experiências e opiniões dos alunos, contribuindo para uma compreensão mais abrangente dos resultados.

Para investigar os efeitos do jogo da memória na motivação e engajamento dos alunos com TEA durante o processo de aprendizagem de Termologia, também consideramos a análise das interações sociais e comportamentais dos alunos durante a aplicação do jogo. Essa análise nos permitiu identificar possíveis mudanças no comportamento dos alunos, bem como seu nível de envolvimento e interesse nas atividades propostas.

Além disso, para comparar o desempenho dos alunos na assimilação dos conceitos de Termologia utilizando o jogo da memória com métodos convencionais de ensino, aplicamos testes antes e depois da intervenção com o jogo. Isso nos permitiu quantificar e comparar o progresso dos alunos ao longo do estudo, identificando possíveis vantagens e desafios da abordagem com o jogo da memória.

Por fim, para avaliar o desempenho dos alunos na aprendizagem dos conteúdos de Termologia por meio do jogo da memória, utilizamos os resultados obtidos nos testes aplicados antes e depois da intervenção. Esses resultados nos forneceram uma medida objetiva do impacto do jogo no aprendizado dos alunos, permitindo avaliar sua eficácia como ferramenta educacional para alunos com TEA.

Complementando essas técnicas, aplicamos dois questionários principais:

1. **Questionário Inicial (Teste I):** Este questionário buscou identificar as principais dificuldades dos alunos em relação à disciplina de Física e especificamente à Termologia, suas experiências anteriores com o conteúdo, dificuldades com equações matemáticas e compreensão de conceitos físicos, e a avaliação do uso de gráficos e diagramas no ensino de termodinâmica. Além disso, o questionário explorou o ritmo das aulas e a opinião dos alunos sobre a potencial utilidade de aulas de reforço com recursos didáticos como jogos de memória;
2. **Questionário de Satisfação (Teste II):** Após a intervenção com o jogo da memória, este questionário avaliou a satisfação dos alunos com o jogo, seu impacto no entendimento dos conceitos de Termologia, a clareza das instruções, o *layout* e as figuras do jogo, o nível de desafio, e a presença de problemas técnicos. Também foi avaliada a disposição dos alunos em recomendar o jogo para outros estudantes e foram solicitadas sugestões de melhorias.

Dessa forma, a combinação de observação direta, entrevistas, análise comportamental e aplicação de questionários e testes antes e depois da intervenção, permitiu uma avaliação abrangente e detalhada do impacto do jogo da memória como ferramenta educativa para alunos com TEA no ensino de Termologia.

4.5 Procedimentos de Análise de Dados

Os dados coletados serão analisados por meio de uma abordagem qualitativa. Serão identificados padrões, temas e categorias emergentes a partir das observações e registros durante a aplicação do jogo da memória. A análise dos dados será realizada de forma sistemática e cuidadosa, buscando compreender o impacto dessa estratégia no processo de ensino e aprendizagem dos alunos com TEA.

Inicialmente, os dados coletados serão organizados e categorizados de acordo com os diferentes objetivos da pesquisa. As observações diretas durante a aplicação do jogo da memória serão registradas em fichas de observação, permitindo uma compreensão detalhada das interações dos alunos com o jogo e seus comportamentos durante o processo de aprendizagem.

As análises qualitativas dos dados coletados, incluindo as entrevistas com os alunos, serão realizadas de forma a identificar padrões, temas e categorias emergentes. Essa análise permitirá uma compreensão mais profunda das percepções dos alunos sobre a utilização do jogo

da memória como estratégia de ensino, bem como dos efeitos do jogo na motivação e engajamento dos alunos durante o processo de aprendizagem.

Para comparar o desempenho dos alunos na assimilação dos conceitos de Termologia utilizando o jogo da memória, com métodos convencionais de ensino, os dados dos testes aplicados antes e depois da intervenção com o jogo serão analisados estatisticamente. Isso possibilitará uma avaliação quantitativa do progresso dos alunos ao longo do estudo, identificando possíveis diferenças significativas entre os grupos.

Por fim, os resultados dos testes aplicados antes e depois da intervenção serão comparados para avaliar o impacto do jogo da memória na aprendizagem dos conteúdos de Termologia pelos alunos com TEA. Essa análise proporcionará uma avaliação objetiva da eficácia do jogo como ferramenta educacional, permitindo identificar seu potencial para melhorar o desempenho acadêmico desses alunos.

5 PRODUTO EDUCACIONAL

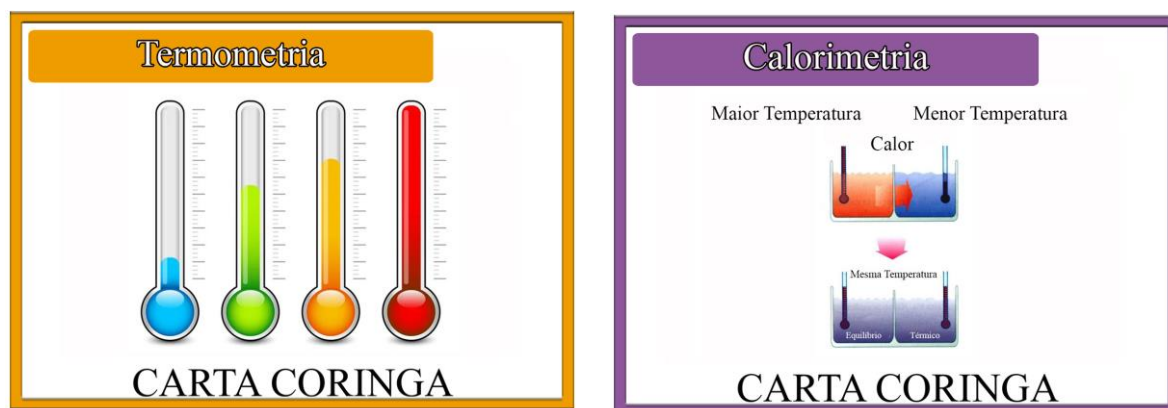
O Produto Educacional – Jogo da Memória: Explorando a Termologia – será apresentado no Apêndice C deste trabalho.

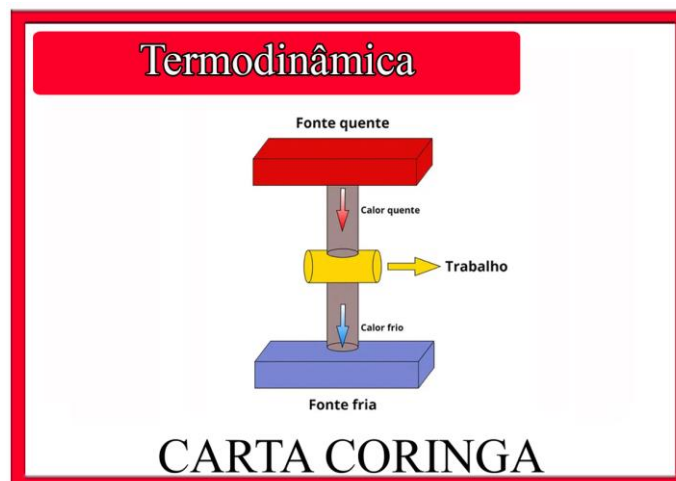
5.1 Descrição do Jogo

O jogo da memória “Explorando a Termologia” foi projetado com o propósito específico de auxiliar alunos, especialmente aqueles diagnosticados com o Transtorno do Espectro Autista (TEA), a aprender de maneira visual e lúdica os conceitos fundamentais da termologia.

Baseado em estudos que destacam a eficiência de estratégias visuais e atividades práticas para esse público, o jogo utiliza cartas coloridas (cartas coringas) para representar diferentes áreas da termologia: Termometria (laranja), Calorimetria (roxa), Mudanças de Estado da Matéria (azul), Dilatação Térmica (verde), Transferência de Calor (amarela), e Estudo dos Gases Ideais (cor-de-rosa) e Termodinâmica (vermelha), conforme ilustrado na Figura 5.1.

Figura 5.1 – Cartas Coringas.





Fonte: Autoria própria (Xavier, 2024).

Cada conjunto de cartas é composto por imagens, conceitos e fórmulas matemáticas específicas relacionados à sua área correspondente. Além disso, há cartas coringa que representam categorias maiores dentro da termologia, cada uma com uma cor distintiva que facilita a associação dos alunos. Por exemplo, a carta coringa de Termometria (laranja) engloba conceitos como as escalas termométricas, isto é, as escalas Celsius, Fahrenheit e Kelvin.

O funcionamento do jogo segue um formato tradicional de memória com uma adaptação que o torna mais interativo e desafiador. Após encontrar um par de cartas correspondentes, o jogador deve responder a uma pergunta relacionada à imagem das cartas. As perguntas, elaboradas previamente pelo professor, exploram conceitos de Terminologia relacionados às imagens nas cartas, incentivando a reflexão e a associação visual dos conteúdos. Por exemplo, se um aluno encontrar um par de cartas com as imagens de um termômetro e um gráfico de temperatura, a pergunta pode ser: "Qual a diferença entre as escalas Celsius e Fahrenheit?".

Os benefícios educacionais são diversos. A utilização de cores e imagens facilita a compreensão e memorização dos conceitos, tornando o aprendizado mais acessível e inclusivo. Além disso, a natureza lúdica do jogo promove um maior engajamento dos alunos, tornando o processo de aprendizagem mais dinâmico e interativo. Essas características não apenas beneficiam o ensino de terminologia, mas também contribuem para o desenvolvimento de habilidades cognitivas essenciais que são aplicáveis não apenas na educação, mas também na vida cotidiana.

5.2 Apresentação das Regras do Jogo

5.1.1 Objetivo

Encontrar todos os pares de cartas correspondentes e responder corretamente às perguntas relacionadas às imagens das cartas.

5.1.2 Como jogar

- a) Preparação: Embaralhe todas as cartas e coloque-as viradas para baixo sobre a mesa.
- b) Divisão dos grupos: Forme equipes com os participantes.
- c) Rodadas: Cada jogador, na sua vez, virará duas cartas.
- d) Verificação e pontuação: Se as cartas formarem um par, retire-as e responda à pergunta. Você ganha 2 pontos: 1 pelo par e 1 pela resposta correta. Se não formarem par, vire as cartas novamente.
- e) Fim do jogo: O jogo termina quando todas as cartas forem encontradas.
- f) Vencedor: A equipe com mais pontos vence!

6 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS

Esta seção foi reservada para a análise e discussão dos dados. De acordo com o Comunicado SBF/MNPEF 07-2018. A seguir, apresentamos a análise e discussão dos dados obtidos. Discutimos as percepções dos alunos sobre o jogo da memória, os efeitos do jogo na motivação e engajamento, e comparamos o desempenho dos alunos na assimilação dos conceitos de Termologia. Avaliamos também o impacto do jogo como tecnologia assistiva, identificando vantagens e desvantagens dessa abordagem educacional.

Com base nos questionários aplicados, discutimos as dificuldades iniciais dos alunos, suas percepções após o uso do jogo, e as melhorias observadas em termos de entendimento e motivação. Além disso, exploramos sugestões para melhorias futuras no *design* e aplicação de jogos educacionais como ferramentas assistivas para o ensino de conceitos complexos em Física.

6.1 Análise dos dados do Questionário Inicial (Teste I)

Esta subseção tem como objetivo apresentar e discutir os dados coletados a partir do Questionário Inicial (Teste I), que foi aplicado aos alunos antes da intervenção com o jogo da memória. Este questionário foi fundamental para identificar as principais dificuldades dos alunos em relação à disciplina de Física, especificamente na área de Termologia, e para compreender suas experiências anteriores e expectativas em relação ao aprendizado dos conceitos de calor e temperatura. Vale ressaltar que, os alunos típicos (sem TEA) são identificados por números (1 a 23) e alunos com TEA são identificados por letras (A e B).

Os dados coletados a partir das respostas dos alunos à Questão 1 sobre suas principais dificuldades em Física, especificamente em relação à Termologia, fornecem uma visão detalhada dos desafios enfrentados tanto por alunos do ensino regular quanto por alunos com Transtorno do Espectro Autista (TEA). O Quadro 6.1 a seguir resume essas dificuldades, categorizando-as por tipo de dificuldade e diferenciando entre os dois grupos de alunos.

Quadro 6.1 – Principais Dificuldades dos Alunos em Termologia.

Dificuldade	Alunos sem Diagnóstico	Alunos com TEA
Interpretar a questão e usar fórmulas	16, 18, 19	A, B
Dilatação térmica e estudo dos gases	1, 10	A, B
Nenhuma dificuldade	2, 3, 4, 9	
Cálculos devido à variedade de fórmulas	5, 8, 11, 14, 15, 21, 22	

Transformações de unidades	6, 7	
Variedade de conceitos	12, 17	
Termodinâmica e estudo dos gases	13	
Todas as dificuldades	20, 23	

Fonte: Autoria própria (Xavier, 2024).

Comparando os comentários dos alunos regulares com os dos alunos com TEA, nota-se que há uma sobreposição significativa nas dificuldades mencionadas, especialmente no que diz respeito à interpretação de questões e ao uso de fórmulas, além de problemas com dilatação térmica e o estudo dos gases. Contudo, os alunos regulares apresentaram uma maior diversidade de dificuldades específicas, refletindo talvez uma gama mais ampla de níveis de entendimento e familiaridade com o conteúdo.

A similaridade nas dificuldades destacadas por ambos os grupos sugere que estratégias de ensino que abordem a interpretação de questões e a aplicação de fórmulas, bem como o ensino mais aprofundado dos conceitos de dilatação térmica e estudo dos gases, podem beneficiar todos os alunos.

O Quadro 6.2 abaixo resume as respostas dos alunos sobre seu conhecimento prévio de calor e temperatura, oferecendo uma visão clara de suas experiências e expectativas em relação à aprendizagem desses conceitos.

Quadro 6.2 – Contato Prévio com Calor e Temperatura.

Resposta	Alunos sem Diagnóstico	Alunos com TEA
Sim, Calor é a energia térmica transferida entre os corpos devido à diferença de temperatura entre eles. Temperatura é simplesmente o quão quente ou frio algo está, baseado na velocidade das partículas dentro dele. Alunos manifestaram curiosidade em explorar mais a fundo como calor e temperatura afetam diferentes materiais e processos.	2, 3, 6, 7, 10, 11, 12, 13, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23	A, B
Sim, graus	1	
Sim, foi um assunto muito tranquilo	5	
Sim, mas não lembro as fórmulas e dos conceitos vagamente	8,9	
Não, minhas expectativas são que o conteúdo seja fácil e interessante	4,14	
Não, pretendo estudar mais e me aprofundar no assunto	15	

Fonte: Autoria própria (Xavier, 2024).

Comparando os comentários dos alunos sem TEA com os dos alunos com TEA, nota-se uma consistência nas respostas entre os dois grupos. Ambos os grupos apresentam uma maioria de alunos que já tiveram contato com os conceitos de calor e temperatura e conseguem defini-los de forma básica. A diferença principal reside na profundidade do entendimento e na capacidade de recordar detalhes específicos, como fórmulas. Alguns alunos mencionaram que acharam o assunto tranquilo, indicando uma familiaridade confortável com o conteúdo. No entanto, alguns alunos mencionaram que têm dificuldades para lembrar as fórmulas e os conceitos com clareza.

Há também um grupo de alunos que ainda não teve contato com esses conceitos, mas que demonstram expectativas positivas em relação ao aprendizado futuro. Eles esperam que o conteúdo seja fácil de entender e interessante, o que é um indicativo de uma atitude receptiva em relação ao aprendizado de novos conteúdos. Um aluno mencionou a intenção de estudar mais e se aprofundar no assunto, indicando uma disposição para se dedicar ao aprendizado.

Os alunos com TEA, assim como os alunos regulares, também expressaram expectativas positivas em relação ao aprendizado futuro. Isso sugere que estratégias de ensino que reforcem a memória e a compreensão dos conceitos e fórmulas podem ser benéficas para todos os alunos. A semelhança nas respostas destaca a importância de abordar esses conceitos de uma maneira que seja acessível e interessante para todos, independentemente da existência de alunos, com ou sem TEA, presentes numa turma.

O Quadro 6.3 apresenta as respostas dos alunos à Questão 3 sobre suas dificuldades com as equações matemáticas da Termologia, como a equação do calor sensível ($Q = mc\Delta T$), fornecendo uma visão abrangente de suas experiências e desafios.

Quadro 6.3 – Dificuldades com as Equações Matemáticas da Termologia

Resposta	Alunos sem Diagnóstico	Alunos com TEA
Não	1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 19	
Sim, o assunto todo em si	6	
Não, quando se aprendem as fórmulas os cálculos ficam mais fáceis	11,12	
Sim, entender e executar os cálculos	13, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 23	A, B

Fonte: Autoria própria (Xavier, 2024).

Comparando os comentários dos alunos sem TEA com os dos alunos com TEA, observa-se que ambos os grupos enfrentam desafios semelhantes na compreensão e execução dos cálculos matemáticos em Termologia. No entanto, as dificuldades parecem ser mais

pronunciadas entre os alunos com TEA, indicando que eles podem se beneficiar de métodos de ensino mais adaptados ou de maior suporte individualizado.

A maioria dos alunos sem TEA relatou que, uma vez aprendidas as fórmulas, os cálculos se tornaram mais fáceis, sugerindo que a prática e a familiarização desempenham um papel crucial na superação das dificuldades iniciais. Para os alunos com TEA, pode ser necessário um maior número de repetições ou abordagens mais visuais e práticas para facilitar esse processo de aprendizado.

Os dados, retirados das respostas fornecidas pelos alunos à questão sobre suas dificuldades com as equações matemáticas da Termologia, destacam a necessidade de estratégias de ensino que tornem esses conceitos mais acessíveis. Tanto os alunos sem TEA quanto os alunos com TEA podem se beneficiar de métodos de ensino que enfatizem a prática repetitiva, o uso de recursos visuais e a aplicação prática dos conceitos para reforçar a compreensão e a execução dos cálculos matemáticos em Termologia. A abordagem pedagógica deve ser adaptada para atender às necessidades específicas de cada grupo, garantindo que todos os alunos possam superar suas dificuldades e alcançar um bom desempenho acadêmico.

As respostas dos alunos à Questão 4 sobre dificuldades na compreensão dos conceitos físicos em Termologia revelam um panorama das áreas onde eles enfrentam mais desafios. O Quadro 6.4 a seguir organiza essas respostas, distinguindo entre os alunos do ensino regular e os alunos com Transtorno do Espectro Autista (TEA).

Quadro 6.4 – Dificuldades na Compreensão dos Conceitos Físicos em Termologia.

Resposta	Alunos sem Diagnóstico	Alunos com TEA
Não	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	
Dilatação dos sólidos, líquidos e estudo dos gases, muitas fórmulas	10, 11, 12, 16	A
Não, quando se aprendem as fórmulas os cálculos ficam mais fáceis	14	
Às vezes, na maioria que usam cálculos e fórmulas	13, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23	B

Fonte: Autoria própria (Xavier, 2024).

A maioria dos alunos sem TEA relatou não ter dificuldades significativas na compreensão dos conceitos físicos em Termologia. No entanto, alguns alunos sem diagnóstico e os alunos com TEA mencionaram dificuldades com conceitos que envolvem cálculos e fórmulas, especialmente relacionados à dilatação dos sólidos e líquidos e ao estudo dos gases.

Comparando os comentários dos alunos sem diagnóstico com os dos alunos com TEA, observa-se que, embora ambos os grupos enfrentem desafios semelhantes, os alunos com TEA relatam mais frequentemente dificuldades com conceitos que envolvem cálculos e fórmulas. Isso sugere que esses alunos podem necessitar de métodos de ensino mais adaptados, com maior ênfase em abordagens práticas e visuais para a compreensão desses conceitos.

Os dados, retirados das respostas fornecidas pelos alunos à questão sobre suas dificuldades na compreensão dos conceitos físicos em Termologia, destacam a necessidade de estratégias de ensino que tornem esses conceitos mais acessíveis. Tanto os alunos sem diagnóstico quanto os alunos com TEA podem se beneficiar de métodos de ensino que enfatizem a prática repetitiva, o uso de recursos visuais e a aplicação prática dos conceitos para reforçar a compreensão e a execução dos cálculos matemáticos em Termologia. A abordagem pedagógica deve ser adaptada para atender às necessidades específicas de cada grupo, garantindo que todos os alunos possam superar suas dificuldades e alcançar um bom desempenho acadêmico.

O Quadro 6.5 analisou a opinião dos alunos sobre o uso de gráficos e diagramas no ensino da termologia. Avaliar se esses recursos visuais ajudam na compreensão dos conceitos permitiu entender a efetividade dessas ferramentas didáticas e como elas poderiam ser melhor utilizadas.

Quadro 6.5 – Opinião dos Alunos sobre Gráficos e Diagramas em Termologia.

Resposta	Alunos sem Diagnóstico	Alunos com TEA
Sim	1, 8, 18	
Sim, acho que eles são muito claros e ajudam a entender melhor os conceitos	2, 13, 20, 23	
Ajudam a associar a teoria com situações práticas	3, 4, 5, 12, 14, 15, 17, 19, 21, 22	A, B
Não muito	6, 7, 9, 11, 16	
Às vezes, na maioria que usam cálculos e fórmulas	10	

Fonte: Autoria própria (Xavier, 2024).

A maioria dos alunos, tanto os sem diagnóstico quanto com TEA, avalia positivamente o uso de gráficos e diagramas. Muitos alunos afirmaram que esses recursos ajudam na compreensão dos conceitos. Apenas um aluno sem diagnóstico mencionou que não acha os gráficos e diagramas muito úteis.

Isso sugere que esses recursos visuais são eficazes para a maioria dos alunos, independentemente de suas necessidades educacionais específicas. No entanto, a descrição

detalhada de como esses recursos ajudam pode variar, indicando que a clareza e a apresentação dos gráficos e diagramas podem ter diferentes níveis de eficácia para diferentes alunos.

O Quadro 6.6 avalia a percepção dos alunos sobre o ritmo das aulas de termologia e a potencial utilidade de aulas de reforço ou tutorias específicas. A inclusão de recursos didáticos como jogos de memória foi discutida, considerando as opiniões dos alunos sobre como essas ferramentas poderiam beneficiar seu aprendizado.

Quadro 6.6 – Avaliação do Ritmo das Aulas de Termologia.

Resposta	Alunos sem Diagnóstico	Alunos com TEA
Sim	1, 3, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 21, 22	
Sim, mas o assunto deveria ser passado mais devagar	2	
Sim, resolução de mais questões	4	
Diminuir a quantidade de aulas	6	
Sim, mas explique melhor		A, B
Não, tenho dificuldade em assimilar o conteúdo	16, 20, 23	

Fonte: Autoria própria (Xavier, 2024).

Os dados retirados das respostas fornecidas pelos alunos à questão sobre a adequação do ritmo das aulas de termologia indicam que, embora a maioria considere o ritmo adequado, existem oportunidades para melhorias. A sugestão de resolver mais questões e de passar o conteúdo em um ritmo mais lento destaca a necessidade de abordar o aprendizado de forma mais abrangente e prática. Para os alunos com TEA, explicações mais detalhadas e diferenciadas são essenciais para garantir uma melhor assimilação do conteúdo.

Os alunos foram questionados se acham que aulas de reforço ou tutorias específicas em termologia, incluindo o uso de recursos didáticos como jogos de memória e exemplos do cotidiano, seriam benéficas para o aprendizado. O Quadro 6.7 abaixo resume as respostas dos alunos sem diagnóstico e dos alunos com TEA.

Quadro 6.7 – Avaliação sobre Aulas de Reforço ou Tutorias Específicas em Termologia.

Resposta	Alunos sem Diagnóstico	Alunos com TEA
Não	1, 12, 14	
Sim (Práticas diferentes do normal)	2, 3, 6, 20	B
Sim (Algo novo)	4, 5, 19, 22	
Sim (Diversidade de métodos educacionais)	7, 8, 9, 10, 16, 17, 21	A
Sim (Mais assunto, mais conhecimento)	11, 13, 15, 18, 23	

Fonte: Autoria própria (Xavier, 2024).

A maioria dos alunos, tanto os sem diagnóstico quanto com TEA, acredita que aulas de reforço ou tutorias específicas seriam benéficas para o aprendizado de termologia. As justificativas variam entre a necessidade de práticas diferentes do ensino tradicional, a introdução de métodos educativos diversificados, e a aquisição de mais conhecimento através de conteúdos adicionais.

6.2 Análise dos dados do Questionário Final (Teste II)

Esta subseção apresenta uma avaliação do jogo da memória desenvolvido para auxiliar no aprendizado dos conceitos de termologia, tais como calor, temperatura, escalas termométricas, calorimetria, dilatação térmica, termodinâmica e estudo dos gases. Através deste questionário, buscamos entender o nível de satisfação dos alunos, identificar os pontos fortes e fracos do jogo, e coletar sugestões para melhorias futuras. As respostas dos alunos serão compiladas e apresentadas em tabelas para facilitar a análise e discussão dos resultados

Na Tabela 6.1, apresentamos os resultados de um questionário que avaliou o nível de satisfação dos alunos com o jogo da memória como ferramenta didática em termologia. O total de alunos participantes foi 25, sendo 23 alunos sem diagnóstico de TEA (identificados por números de 1 a 23) e 2 alunos diagnosticados com TEA (identificados pelas letras A e B).

Tabela 6.1 – Nível de Satisfação dos Alunos com o Jogo da Memória.

Nível de Satisfação	Total de Alunos	Porcentagem Total	Porcentagem sem Diagnóstico	Porcentagem TEA
Muito satisfeito(a)	15	60%	56,5%	100%
Satisfeito(a)	8	32%	34,8%	0%
Neutro	2	8%	8,7%	0%
Insatisfeito(a)	0	0%	0%	0%
Muito insatisfeito(a)	0	0%	0%	0%

Fonte: Autoria própria (Xavier, 2024).

A tabela acima mostra que a maioria dos alunos, tanto sem diagnóstico quanto com TEA, está muito satisfeita com o jogo da memória. Especificamente, 60% dos alunos estão “Muito satisfeitos”, sendo 56,5% alunos regulares e 100% dos alunos com TEA. Além disso, 32% dos alunos estão “Satisfeitos”, todos eles alunos sem diagnóstico. Nenhum aluno, seja com ou sem TEA, declarou estar “Insatisfeito” ou “Muito insatisfeito” com o jogo.

Dessa forma, os dados mostram que o jogo da memória é bem recebido por todos os alunos, independentemente de seu diagnóstico, com uma aceitação particularmente alta entre os alunos com TEA. A porcentagem de alunos “Muito satisfeitos” é significativamente alta, sugerindo que o jogo é uma ferramenta eficazmente apreciada para o aprendizado dos conceitos de termologia.

Essa avaliação indica que o jogo da memória tem um impacto positivo na experiência de aprendizagem dos alunos, sendo uma metodologia didática que pode ser mantida e expandida para outros conteúdos e turmas. A aceitação considerável entre os alunos com TEA é particularmente encorajadora, indicando que tais recursos interativos são inclusivos e benéficos para todos os estudantes.

Na Tabela 6.2, destacamos os resultados de um questionário que avaliou o impacto do jogo da memória no entendimento dos conceitos de termologia entre os alunos. As respostas, foram cuidadosamente compiladas e apresentadas nesta tabela, revelam dados significativos sobre a eficácia desse método de ensino.

Tabela 6.2 – Impacto do Jogo da Memória no Entendimento de Termologia.

Nível de Entendimento	Total de Alunos	Porcentagem Total	Porcentagem sem Diagnóstico	Porcentagem TEA
Muito	14	56%	52,2%	100%
Moderadamente	9	36%	39.1%	0%
Pouco	2	8%	8,7%	0%
Não ajudou	0	0%	0%	0%

Fonte: Autoria própria (Xavier, 2024).

A tabela acima demonstra que a maioria dos alunos, tanto sem diagnóstico quanto com TEA, percebeu uma melhora significativa no entendimento dos conceitos de termologia após o uso do jogo da memória. Especificamente, 56% dos alunos indicaram que o jogo ajudou “Muito”, sendo 52,2% alunos sem diagnóstico e 100% dos alunos com TEA. Além disso, 36% dos alunos afirmaram que o jogo ajudou “Moderadamente”, todos eles alunos regulares. Apenas 8% dos alunos sentiram que o jogo ajudou “Pouco”, e nenhum aluno relatou que o jogo “Não ajudou”.

Os dados revelam que o jogo da memória é uma ferramenta eficaz para o entendimento dos conceitos de termologia, com uma notável aceitação, especialmente entre os alunos com TEA. A significativa porcentagem de alunos que avaliaram o jogo como "Muito" eficaz sugere que essa abordagem oferece não apenas uma forma efetiva, mas também engajante, de aprender sobre calor, temperatura, escalas termométricas, calorimetria, dilatação térmica, termodinâmica e estudo dos gases.

Esses resultados destacam o potencial do jogo da memória como uma estratégia pedagógica valiosa para aprimorar a compreensão dos temas de termologia. Ao proporcionar um ambiente de aprendizado interativo e dinâmico, o jogo não apenas reforça os conceitos teóricos, mas também mantém o interesse dos alunos de maneira significativa. A observação de uma aceitação entre os alunos com TEA é particularmente notável, demonstrando que recursos educacionais inclusivos e interativos podem ser benéficos para todos os estudantes, promovendo uma aprendizagem mais acessível e participativa.

Os alunos identificaram qual foi o conceito mais difícil de entender enquanto jogavam. As opções incluíam “Temperatura e Calor”, “Escalas termométricas”, “Calorimetria”, “Dilatação térmica”, “Estudo dos gases” e “Termodinâmica”. A Tabela 6.3 a seguir mostra as respostas dos alunos.

Tabela 6.3 – Conceitos Mais Difíceis de Entender Durante o Jogo da Memória.

Conceito	Total de Alunos	Porcentagem Total	Porcentagem sem Diagnóstico	Porcentagem TEA
Temperatura e Calor	1	4%	4,3%	0%
Escalas termométricas	2	8%	8,7%	0%
Calorimetria	3	12%	13%	0%
Dilatação térmica	4	16%	17,4%	0%
Estudo dos gases	5	20%	17,4%	100%
Termodinâmica	10	40%	43,48%	0%

Fonte: Autoria própria (Xavier, 2024).

A tabela acima mostra que o conceito mais difícil de entender durante o jogo da memória foi “Termodinâmica”, com 40% dos alunos identificando-o como o mais desafiador. Dentre esses, todos eram alunos sem diagnóstico, representando 43,48% deste grupo. “Estudo dos gases” foi o segundo conceito mais desafiador, com 20% das respostas, incluindo todos os alunos com TEA, indicando que este foi o conceito mais difícil para eles.

Os conceitos de “Dilatação térmica” e “Calorimetria” também apresentaram dificuldades significativas, com 16% e 12% das respostas, respectivamente. “Escalas

termométricas” e “Temperatura e Calor” foram considerados os menos desafiadores, com apenas 8% e 4% das respostas, respectivamente.

Portanto, os resultados indicam que o jogo da memória foi uma ferramenta útil para identificar áreas de dificuldade no aprendizado dos conceitos de termologia. No entanto, a dificuldade significativa encontrada em “Termodinâmica” e “Estudo dos gases” sugere que esses tópicos podem precisar de abordagens pedagógicas adicionais ou alternativas para serem melhor compreendidos pelos alunos.

Agora, apresentamos os resultados de um questionamento que avaliou quais conceitos de termologia foram mais fáceis de entender durante o jogo da memória. Os dados coletados foram compilados e apresentados na Tabela 6.4 que destaca os conceitos de termologia que os alunos acharam mais acessíveis.

Tabela 6.4 – Avaliação dos Conceitos de Termologia mais acessíveis.

Conceito	Total de Alunos	Porcentagem Total	Porcentagem sem Diagnóstico	Porcentagem TEA
Temperatura e Calor	13	48%	43,5%	100%
Escalas termométricas	6	20%	21,7%	0%
Calorimetria	3	12%	13%	0%
Dilatação térmica	2	8%	8,7%	0%
Estudo dos gases	0	0%	0%	0%
Termodinâmica	1	4%	4,3%	0%

Fonte: Autoria própria (Xavier, 2024).

A tabela acima apresenta uma análise dos conceitos que foram considerados mais fáceis de entender durante a utilização do jogo da memória, conforme avaliados por um grupo de 25 alunos. Os resultados indicam que o conceito de “Temperatura e Calor” foi identificado como o mais fácil de entender por 48% dos alunos, incluindo 100% dos alunos com TEA e 43.5% dos alunos sem diagnóstico.

Os conceitos de “Escalas termométricas” e “Calorimetria” foram identificados como mais fáceis de entender por 20% e 12% do total de alunos, respectivamente. Para os alunos sem diagnóstico, essas porcentagens foram de 21,7% e 13%. Nenhum aluno com TEA identificou esses conceitos como os mais fáceis. Os conceitos de “Dilatação térmica” e “Termodinâmica” foram considerados os menos fáceis de entender, com apenas 8% e 4% do total de alunos, respectivamente. Entre os alunos sem diagnóstico, essas porcentagens foram de 8,7% e 4,3%.

Novamente, nenhum aluno com TEA escolheu esses conceitos como os mais fáceis. Nenhum aluno identificou o “Estudo dos gases” como o conceito mais fácil de entender.

Os resultados evidenciam que “Temperatura e Calor” é um conceito mais acessível para a maioria dos alunos, incluindo aqueles com TEA. A familiaridade cotidiana e a clareza das instruções do jogo podem explicar essa maior facilidade. Em contraste, conceitos mais abstratos como “Termodinâmica” e “Estudo dos gases” parecem exigir maior atenção pedagógica para melhorar a compreensão dos alunos.

Além disso, os alunos foram solicitados a avaliar a clareza das instruções fornecidas para o jogo da memória, utilizando uma escala que incluía as seguintes opções: “Muito claras”, “Claras”, “Neutras”, “Confusas” e “Muito confusas”. A tabela abaixo apresenta uma síntese detalhada das respostas coletadas, oferecendo uma visão abrangente sobre a percepção dos alunos quanto à clareza das orientações do jogo.

Tabela 6.5 – Avaliação da Clareza das Instruções do Jogo da Memória.

Avaliação	Total de Alunos	Porcentagem Total	Porcentagem sem Diagnóstico	Porcentagem TEA
Muito claras	12	48%	43,5%	50%
Claras	9	36%	34,8%	50%
Neutras	4	16%	17,4%	0%
Confusas	0	0%	0%	0%
Muito confusas	0	0%	0%	0%

Fonte: Autoria própria (Xavier, 2024).

A tabela acima ilustra as percepções dos alunos sobre a clareza das instruções fornecidas para o jogo da memória. Dos 25 alunos participantes, a maioria classificou as instruções como “Muito claras” ou “Claras”. Especificamente, 48% dos alunos consideraram as instruções “Muito claras” e 36% as classificaram como “Claras”. Entre os alunos regulares, 47.8% avaliaram as instruções como “Muito claras” e 34.8% as consideraram “Claras”. Entre os alunos com TEA, 50% classificaram as instruções como “Muito claras” e 50% como “Claras”.

Não houve registros de alunos considerando as instruções “Confusas” ou “Muito confusas”, indicando que nenhum participante encontrou dificuldades significativas na compreensão das regras do jogo. No entanto, 16% dos alunos consideraram as instruções “Neutras”, com 17.4% dessa avaliação vindo de alunos sem diagnóstico. Essa porcentagem sugere que há espaço para aprimoramento na apresentação das instruções, visando garantir uma compreensão universal e imediata.

Os dados apresentados revelam uma avaliação predominantemente positiva das instruções do jogo da memória. A ausência de feedback negativo, representado por avaliações de “Confusas” ou “Muito confusas”, indica que a maioria dos alunos conseguiu entender e seguir as regras do jogo sem dificuldades significativas. Este resultado é um indicativo importante da eficácia das instruções no contexto educacional.

Contudo, a presença de 16% de avaliações “Neutras” sugere que uma parcela dos alunos, majoritariamente sem diagnóstico, pode ter encontrado as instruções adequadas, mas não excepcionalmente claras. Isso aponta para a necessidade de refinamento nas instruções do jogo, garantindo que sejam compreensíveis de forma imediata e intuitiva para todos os alunos, independentemente de seu perfil.

Portanto, a clareza das instruções é fundamental para assegurar que todos os alunos, inclusive aqueles com necessidades educacionais especiais, possam participar plenamente e beneficiar-se da atividade proposta. Recomendam-se ajustes específicos na linguagem e apresentação das instruções para atingir esse objetivo.

Prosseguindo com a avaliação, os alunos foram solicitados a avaliar o layout e as figuras utilizadas no jogo da memória. As opções de avaliação disponibilizadas incluíram as categorias “Excelente”, “Bom”, “Adequado”, “Ruim” e “Muito Ruim”. As respostas obtidas foram sistematicamente compiladas e estão apresentadas na Tabela 6.6 a seguir, detalhando a distribuição das avaliações entre os alunos regulares e aqueles com Transtorno do Espectro Autista (TEA).

Tabela 6.6 – Avaliação do *Design* do Jogo.

Avaliação	Total de Alunos	Porcentagem Total	Porcentagem sem Diagnóstico	Porcentagem TEA
Excelente	16	64%	69,6%	100%
Bom	8	32%	34,4%	0%
Adequado	1	4%	4,3%	0%
Ruim	0	0%	0%	0%
Muito Ruim	0	0%	0%	0%

Fonte: Autoria própria (Xavier, 2024).

A análise da Tabela 6.6 revela que a maioria dos alunos avaliou positivamente a clareza das instruções do jogo da memória. Especificamente, 64% dos alunos classificaram as instruções como “Excelente” e 32% como “Bom”. Entre os alunos sem diagnóstico, 69,6% avaliaram as instruções como “Excelente” e 30,4% como “Bom”. Notavelmente, todos os

alunos diagnosticados com TEA consideraram as instruções como “Excelente”, demonstrando uma aprovação deste grupo.

Apenas um aluno regular (4% do total) classificou as instruções como “Adequadas”. Não houve nenhuma avaliação negativa, pois nenhum aluno classificou as instruções como “Ruim” ou “Muito ruim”. Esse dado reflete um consenso geral positivo em relação à clareza das instruções fornecidas para o jogo.

A percepção geral positiva dos alunos em relação à clareza das instruções do jogo da memória é um indicativo claro de que a comunicação das regras e procedimentos do jogo é eficaz. Especialmente notável é a avaliação dos alunos com TEA, que classificaram as instruções como “Excelente”. Isso sugere que o jogo é inclusivo e acessível, atendendo às necessidades de diferentes grupos de alunos de maneira eficaz.

A ausência de avaliações negativas atesta a qualidade e a eficácia das instruções elaboradas, corroborando para a sua adequação como ferramenta pedagógica. Essa ausência de *feedbacks* negativos indica que as instruções foram claras, objetivas e acessíveis, permitindo que todos os alunos, independentemente de suas necessidades específicas, compreendessem e se engajassem plenamente com o jogo. A clareza nas instruções é fundamental para garantir que todos os estudantes possam construir conhecimentos de forma autônoma e significativa. Embora os resultados sejam positivos, é importante ressaltar a necessidade de buscar continuamente aprimoramentos, com base no *feedback* dos alunos, visando otimizar ainda mais a experiência de aprendizagem.

A eficácia das instruções também contribui para a experiência geral do usuário, minimizando a frustração e maximizando o engajamento e a compreensão dos conceitos de terminologia. Portanto, é recomendável que futuras iterações do jogo mantenham o mesmo nível de clareza nas instruções e explorem oportunidades para tornar as diretrizes ainda mais intuitivas e acessíveis.

Além da clareza das instruções, o nível de desafio do jogo da memória também é um fator crucial para manter o interesse e o engajamento dos alunos. Para avaliar se o jogo era suficientemente desafiador, os alunos foram submetidos a uma pesquisa com opções de resposta que variam desde “Sim, muito desafiador” até “Não, nada desafiador”. Essa abordagem detalhada visava captar uma percepção abrangente dos alunos sobre a dificuldade do jogo. A Tabela 6.7 compila as respostas dos alunos, permitindo uma análise quantitativa e qualitativa sobre como o nível de desafio do jogo foi percebido pelos diferentes grupos de alunos.

Tabela 6.7 – Avaliação do Nível de Desafio do Jogo da Memória.

Avaliação	Total de Alunos	Porcentagem Total	Porcentagem sem diagnóstico	Porcentagem TEA
Sim, muito desafiador	12	48%	52,2%	50%
Sim, moderadamente desafiador	12	48%	52,2%	50%
Neutro	1	4%	4,3%	0%
Não, pouco desafiador	0	0%	0%	0%
Não, nada desafiador	0	0%	0%	0%

Fonte: Autoria própria (Xavier, 2024).

A tabela acima demonstra que a maioria dos alunos considerou o jogo da memória desafiador o suficiente para manter seu interesse. Especificamente, 48% dos alunos classificaram o jogo como “Sim, muito desafiador” e outros 48% como “Sim, moderadamente desafiador”. Entre os alunos sem diagnóstico, 52.2% avaliaram o jogo como "Sim, muito desafiador" e 52.2% como “Sim, moderadamente desafiador”. Alunos diagnosticados com TEA apresentaram opiniões semelhantes, com 50% classificando o jogo como “Muito desafiador” e 50% como “Moderadamente desafiador”.

Apenas um aluno sem diagnóstico (4% do total) apresentou uma resposta neutra em relação ao nível de desafio do jogo. Nenhum aluno considerou o jogo “Pouco desafiador” ou “Nada desafiador”, o que indica que o jogo conseguiu manter o interesse da maioria dos participantes.

Os resultados da tabela indicam que o jogo da memória atinge um equilíbrio eficaz entre desafio e acessibilidade, sendo capaz de manter o interesse dos alunos. A alta porcentagem de respostas positivas, especialmente entre os alunos com TEA, sugere que o jogo é inclusivo e bem projetado para atender diferentes perfis de alunos. A ausência de respostas negativas reflete um consenso positivo sobre a capacidade do jogo em fornecer um nível de desafio apropriado.

A análise detalhada dos dados revela que o jogo da memória é uma ferramenta eficaz para o ensino de terminologia. A alta taxa de respostas positivas indica que o jogo consegue capturar e manter o interesse dos alunos, tornando o processo de aprendizagem mais envolvente e dinâmico. A opinião dos alunos com TEA de que o jogo é desafiador, sem sobrecarregar os participantes, é particularmente encorajadora, mostrando que o design do jogo é acessível e inclusivo.

No entanto, a presença de uma resposta neutra sugere que há espaço para melhorias. A equipe de desenvolvimento deve considerar ajustes no nível de dificuldade do jogo para atender

ainda mais às necessidades individuais dos alunos. É crucial que o jogo continue a evoluir para permanecer uma ferramenta valiosa e envolvente no ambiente educacional.

Estes resultados são encorajadores e sugerem que o jogo da memória é uma ferramenta eficaz e bem-recebida no ensino de termologia. A equipe de desenvolvimento deve utilizar este *feedback* para aprimorar o jogo, garantindo que ele continue a ser um recurso educacional dinâmico e inclusivo.

Para a questão sobre problemas técnicos durante o jogo da memória, os alunos foram questionados sobre a presença e a natureza de quaisquer dificuldades que encontraram. Abaixo está a Tabela 6.8 com os resultados obtidos:

Tabela 6.8 – Problemas Técnicos Durante o Jogo da Memória.

Avaliação	Total de Alunos	Porcentagem Total	Porcentagem sem Diagnóstico	Porcentagem TEA
Não, nenhum problema	22	88%	91,3%	100%
Sim, poucos problemas	3	12%	8,7%	0%
Sim, muitos problemas	0	0%	0%	0%

Fonte: Autoria própria (Xavier, 2024).

A análise da tabela acima revela que a grande maioria dos alunos (88%) não encontrou problemas técnicos durante o jogo da memória. Entre os alunos sem diagnóstico, 91.3% relataram não ter encontrado nenhum problema, enquanto 100% dos alunos com TEA não enfrentaram dificuldades técnicas. Este alto percentual de respostas positivas indica uma experiência técnica estável e satisfatória.

Apenas 12% dos alunos mencionaram ter enfrentado alguns problemas técnicos, todos pertencentes ao grupo de alunos sem diagnóstico. Esses problemas foram descritos como confusão ocasional entre conceitos e cartas parecidas no jogo. Nenhum aluno relatou enfrentar muitos problemas técnicos, refletindo uma mínima incidência de dificuldades.

Esses dados, coletados da questão 8 do questionário de satisfação, são cruciais para avaliar a funcionalidade técnica do jogo da memória. A quase ausência de problemas técnicos sugere que o jogo foi bem projetado e implementado, oferecendo uma experiência suave e eficiente para a maioria dos alunos, inclusive aqueles com necessidades especiais.

A avaliação dos problemas técnicos enfrentados pelos alunos durante o uso do jogo da memória é fundamental para entender a usabilidade e a eficácia da ferramenta educacional. A alta porcentagem de alunos que não encontraram problemas técnicos reflete positivamente na qualidade do design e da implementação do jogo. Especialmente notável é o *feedback* dos

alunos com TEA, que relataram uma experiência livre de problemas técnicos, indicando que o jogo é inclusivo e acessível.

A pequena fração de alunos que enfrentou problemas técnicos menores sugere que, embora o jogo funcione bem em geral, há espaço para melhorias. É importante considerar o *feedback* específico sobre a confusão entre conceitos e cartas parecidas para futuras versões do jogo. Essas melhorias não só aumentarão a satisfação geral, mas também podem contribuir para uma melhor compreensão dos conceitos de Termologia.

Dessa forma, os resultados indicam uma sólida base técnica para o jogo da memória, com um funcionamento eficiente que atende às expectativas dos alunos. A contínua atenção ao *feedback* dos usuários garantirá que o jogo permaneça uma ferramenta valiosa e eficaz no ensino dos conceitos de Termologia.

Os alunos foram questionados se recomendariam o jogo para outros estudantes que estão aprendendo sobre termologia. As opções incluíram “Sim, definitivamente”, “Sim, provavelmente”, “Talvez”, “Provavelmente não” e “Definitivamente não”. A Tabela 6.9 a seguir apresenta as respostas dos alunos.

Tabela 6.9 – Recomendação do Jogo da Memória sobre Termologia.

Avaliação	Total de Alunos	Porcentagem Total	Porcentagem sem Diagnóstico	Porcentagem TEA
Sim, definitivamente	12	48%	47,8%	100%
Sim, provavelmente	11	44%	47,8%	0%
Talvez	2	8%	4,4%	0%
Provavelmente não	0	0%	0%	0%
Definitivamente não	0	0%	0%	0%

Fonte: Autoria própria (Xavier, 2024).

A análise dos dados da tabela acima mostra que a maioria dos alunos entrevistados demonstrou uma percepção positiva em relação ao jogo da memória sobre Termologia. Especificamente, 48% dos alunos afirmaram que “definitivamente” recomendariam o jogo, enquanto 44% responderam que “provavelmente” o recomendariam. Apenas 8% dos alunos deram uma resposta de “Talvez”, e não houve respostas para “Provavelmente não” ou “Definitivamente não”.

Entre os alunos sem diagnóstico, as respostas foram igualmente positivas, com 47,8% indicando que “definitivamente” recomendariam o jogo e 47,8% afirmando que “provavelmente” o recomendariam. Apenas um aluno sem diagnóstico (4,4%) respondeu

“Talvez”. Os alunos com TEA também apresentaram uma resposta positiva. Não houve respostas negativas entre os alunos com TEA.

Logo, a ausência de respostas negativas (0% para “Provavelmente não” e “Definitivamente não”) indica uma aceitação geral positiva do jogo entre todos os alunos entrevistados. Esta aceitação reflete a eficácia percebida do jogo como uma ferramenta educacional valiosa para o aprendizado de conceitos complexos de termologia.

Portanto, a aceitação amplamente positiva do jogo da memória entre os alunos, especialmente entre aqueles com TEA, sublinha a importância de ferramentas pedagógicas que são tanto desafiadoras quanto acessíveis. Este *feedback* positivo sugere que o jogo é uma adição valiosa ao repertório de métodos de ensino da Termologia. A equipe de desenvolvimento deve considerar esses resultados como uma validação de suas abordagens de design, ao mesmo tempo que busca maneiras de refinar e melhorar o jogo com base no *feedback* contínuo dos alunos.

A Tabela 6.10 apresenta os dados coletados sobre as sugestões de funcionalidade ou melhoria para o jogo da memória, considerando o total de alunos, os alunos sem diagnóstico de TEA e os alunos com TEA. A análise detalhada desses dados permitirá compreender melhor as percepções dos diferentes grupos e identificar possíveis direcionamentos para aprimorar o jogo.

Tabela 6.10 – Sugestões de Funcionalidade ou Melhoria para o Jogo da Memória.

Avaliação	Total de Alunos	Porcentagem Total	Porcentagem sem Diagnóstico	Porcentagem TEA
Não, está perfeito assim	10	40%	34,8%	100%
Não	7	28%	30,4%	0%
Talvez	5	20%	21,7%	0%
Jogar mais vezes	2	8%	8,7%	0%
Alteraria o tempo	1	4%	4,3%	0%

Fonte: Autoria própria (Xavier, 2024).

A análise da tabela revela que do total de alunos a maioria está satisfeita com o jogo da memória em sua forma atual. Especificamente, 40% dos alunos consideram que o jogo está perfeito assim como está, refletindo uma alta aceitação geral. Além disso, 28% dos alunos indicaram que não fariam alterações, o que também demonstra uma satisfação significativa. Os resultados para grupo dos alunos sem diagnóstico são bastante semelhantes aos do grupo total, expressando que não alterariam o jogo por achar que está “perfeito” (34,8%) e os que não desejam sugerir alterações (30,4%).

Todos os alunos com TEA (100%) estão satisfeitos com o jogo da memória, não sugerindo nenhuma alteração. Embora o resultado de 100% de satisfação entre os alunos com TEA seja animador, é importante ressaltar que o número de participantes neste grupo foi limitado. No entanto, essa alta taxa de satisfação sugere que o jogo da memória possui potencial para ser uma ferramenta eficaz para o ensino e a aprendizagem de Termologia a alunos com TEA. Estudos futuros com amostras maiores e mais diversificadas poderão confirmar esses resultados e investigar em maior profundidade os mecanismos pelos quais o jogo contribui para o desenvolvimento desses alunos.

Por outro lado, 20% do total de alunos expressaram incerteza ao responder “talvez”, e uma pequena porcentagem sugeriu melhorias específicas, como jogar mais vezes (8%) ou alterar o tempo do jogo (4%). No entanto, não houve sugestões substanciais de alterações, o que sugere que o jogo está atendendo bem às expectativas dos alunos.

Os resultados da pesquisa sugerem que o jogo da memória, em sua forma atual, é uma ferramenta eficaz e satisfatória para o aprendizado e o desenvolvimento de habilidades cognitivas tanto para alunos sem diagnóstico quanto para aqueles com TEA. A alta taxa de satisfação entre os alunos com TEA é particularmente significativa, indicando que o jogo pode ser uma ferramenta valiosa para a inclusão e o desenvolvimento de habilidades sociais e cognitivas neste grupo específico.

Portanto, a pesquisa demonstrou que o jogo da memória é uma ferramenta pedagógica eficaz e versátil, capaz de atender às necessidades de alunos com diferentes características e habilidades. A alta taxa de satisfação dos alunos, especialmente dos alunos com TEA, é um indicativo do sucesso do jogo. No entanto, é importante continuar monitorando o *feedback* dos alunos e realizando ajustes nas instruções e nas atividades do jogo, a fim de garantir que ele permaneça relevante e eficaz ao longo do tempo.

6.3 Análise dos Resultados da Educação Inclusiva através do Jogo da Memória

Os resultados do jogo da memória sobre Termologia destacaram uma interação positiva entre alunos com TEA (Transtorno do Espectro Autista) e alunos sem diagnóstico, promovendo um ambiente educacional inclusivo e colaborativo. Antes da interação com os grupos sem diagnóstico, os dois alunos com TEA participaram inicialmente em um ambiente adaptado, onde puderam familiarizar-se com o jogo, suas regras e o conteúdo representado pelas cartas.

O jogo foi estruturado com cartas coloridas para facilitar a associação e compreensão dos diferentes conceitos de termologia: amarelo para processos de propagação de calor, verde

para dilatação térmica, azul para mudanças de fase da matéria, vermelho para termodinâmica, roxo para calorimetria, laranja para escalas termométricas e rosa para estudo dos gases. Além das cartas normais, foram incluídas cartas coringa que continham informações adicionais sobre cada conceito representado.

Durante a fase inicial de adaptação, os alunos com TEA puderam explorar o jogo em um ambiente tranquilo e estruturado, o que lhes permitiu entender plenamente as regras e os objetivos do jogo sem a pressão de interagir com um grupo maior. Esse tempo de adaptação foi crucial para que eles desenvolvessem uma base sólida de conhecimento e confiança no uso das cartas e na aplicação dos conceitos de Termologia. Eles foram expostos a diferentes situações e desafios dentro do jogo, aprendendo a associar cada cor a um conceito específico e a utilizar as cartas coringa para aprofundar seu entendimento.

Após essa fase de adaptação, os alunos com TEA se juntaram ao restante da turma (alunos sem diagnóstico) para jogar em grupo. Essa transição foi cuidadosamente gerenciada para garantir que os alunos com TEA se sentissem confortáveis e apoiados. Durante essa interação, foi observado um alto nível de engajamento por parte dos alunos com TEA. Eles demonstraram apropriação do conteúdo e familiarização com os conceitos estudados, incluindo fórmulas e relações entre variáveis. A estrutura do jogo proporcionou facilidade de compreensão, aceitação do desafio e uma aprendizagem ativa, criando um ambiente inclusivo onde todos os participantes se sentiram igualmente envolvidos e valorizados no processo de aprendizagem.

A interação posterior entre alunos regulares e com TEA evidenciou que o aprendizado não foi isolado, mas sim compartilhado de forma equitativa. Os alunos com TEA puderam aplicar o conhecimento adquirido durante a fase de adaptação e, ao mesmo tempo, beneficiar-se da colaboração e do apoio dos colegas sem diagnóstico. Essa interação promoveu um sentimento de acolhimento e integração, onde todos os alunos perceberam que estavam recebendo a mesma oportunidade de adquirir conhecimento e habilidades. Os alunos sem diagnóstico também se beneficiaram dessa dinâmica, desenvolvendo empatia e habilidades sociais ao trabalhar junto com os colegas com TEA.

Essa abordagem inclusiva não apenas facilitou a participação e o aprendizado dos alunos com TEA, mas também enriqueceu a experiência educacional de todos os envolvidos, promovendo um ambiente de aprendizagem colaborativo e respeitoso. A interação entre os alunos com TEA e os alunos regulares reforçou um ambiente inclusivo, onde todos se sentiram acolhidos e valorizados. A experiência conjunta permitiu que os alunos com TEA se beneficiassem do apoio e colaboração dos colegas, promovendo uma aprendizagem coletiva e

equitativa. O jogo da memória não só facilitou a compreensão dos conceitos de Termologia para os alunos com TEA, mas também promoveu a inclusão e a igualdade de oportunidades no processo de aprendizagem. A experiência demonstrou que estratégias de ensino e uso de recurso adaptados as necessidades dos alunos, em especial dos alunos com TEA, podem efetivamente transformar o ambiente educacional, proporcionando a todos os alunos, independentemente de suas necessidades especiais, uma educação de qualidade e inclusiva.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa investigou o impacto da utilização de jogos da memória no ensino de Termologia para alunos com Transtorno do Espectro Autista (TEA), comparando seus efeitos em relação a uma turma com alunos sem diagnóstico. Os objetivos específicos foram delineados para explorar tanto a eficiência do jogo adaptado quanto a percepção dos alunos com TEA e seus colegas de turma.

O objetivo geral de investigar o impacto da utilização de jogos da memória no ensino de Termologia foi alcançado com sucesso. O jogo adaptado mostrou-se uma ferramenta eficaz para facilitar o aprendizado dos conceitos complexos de Termologia, tanto para os alunos com TEA quanto para os alunos sem diagnóstico. A adaptação das cartas por cores específicas e a inclusão de cartas coringa permitiram uma melhor assimilação dos conteúdos, promovendo um ambiente de aprendizagem inclusivo e participativo.

Quanto aos objetivos específicos, a análise detalhada dos dados revelou que o jogo da memória no estudo da Termologia alcançou tais objetivos. Visto que, o jogo desenvolvido demonstrou ser adequado e acessível, proporcionando uma estratégia de ensino visualmente estimulante e organizada para os alunos com TEA. As cartas foram diferenciadas por cores específicas para cada conceito de Termologia, o que facilitou a identificação e memorização dos conteúdos e a retenção de conhecimento. Além disso, as cartas coringa foram incluídas para reforçar os conceitos-chave, tornando o jogo mais dinâmico e envolvente.

Ao analisar a percepção dos alunos sem diagnóstico e dos alunos diagnosticados com TEA sobre a utilização do jogo da memória, ambos os grupos relataram uma recepção extremamente positiva ao jogo. Tanto os alunos com TEA quanto os alunos sem diagnóstico destacaram seu engajamento e compreensão dos conceitos através do método adotado. Os alunos com TEA se mostraram mais confiantes e motivados ao interagir com o material didático de forma lúdica, o que facilitou a assimilação dos conteúdos. De maneira similar, os alunos sem diagnóstico também se beneficiaram da abordagem interativa, mostrando maior interesse e retenção dos conceitos de Termologia.

Ao investigar os efeitos do jogo da memória na motivação e engajamento dos alunos com TEA comparados aos alunos da turma regular, os resultados indicaram que o jogo contribuiu significativamente para a motivação e engajamento de ambos os grupos. Para os alunos com TEA, o jogo criou um ambiente de aprendizagem desafiador e estimulante, mantendo apreciável nível de interesse e participação. Da mesma forma, os alunos sem diagnóstico também demonstraram grande motivação e engajamento, indicando que o jogo foi

bem-sucedido em capturar a atenção de todos os participantes. Esse resultado destaca a eficácia do jogo da memória em promover uma experiência educacional inclusiva e equitativa, beneficiando todos os alunos envolvidos.

Ao comparar o desempenho dos alunos na assimilação dos conceitos de Termologia utilizando o jogo da memória com métodos convencionais de ensino, a comparação revelou que o jogo da memória proporcionou uma assimilação mais eficaz e participativa dos conceitos de Termologia em comparação com métodos convencionais de ensino, tanto para os alunos com TEA quanto para os alunos sem diagnóstico. Os alunos relataram que o jogo facilitou a compreensão dos conceitos de forma prática e divertida, superando as dificuldades associadas ao ensino convencional. Esse método se mostrou vantajoso para todos, promovendo um ambiente de aprendizagem mais interativo e inclusivo.

Destacando, ainda que os alunos com TEA, que jogaram inicialmente entre si para adquirir conhecimento prévio e assimilação das cartas, mostraram-se bem preparados quando integrados aos grupos regulares. Esta preparação prévia foi essencial para garantir que eles se sentissem confortáveis e confiantes durante as atividades em grupo. O estudo conclui que a utilização de jogos adaptados pode ser uma estratégia eficaz para a inclusão de alunos com TEA em salas de aula do ensino regular, promovendo não apenas a aprendizagem dos conteúdos, mas também o desenvolvimento social e emocional dos alunos.

Ao avaliar o desempenho dos alunos com TEA em comparação com os alunos sem diagnóstico na aprendizagem dos conteúdos de Termologia, os dados coletados demonstraram que os alunos com TEA alcançaram resultados satisfatórios comparáveis aos seus colegas sem diagnóstico. Isso indica que o jogo da memória foi igualmente eficaz para ambos os grupos. A interação entre os alunos com TEA e os alunos sem diagnóstico reforçou um ambiente inclusivo, onde todos se sentiram acolhidos e valorizados. Essa experiência conjunta permitiu que os alunos com TEA se beneficiassem do apoio e colaboração dos colegas, promovendo uma aprendizagem coletiva e equitativa.

O jogo da memória não só facilitou a compreensão dos conceitos de Termologia para os alunos com TEA, mas também promoveu a inclusão e a igualdade de oportunidades no processo de aprendizagem para todos os alunos. A aplicação do método adaptado demonstrou ser uma ferramenta eficaz para transformar o ambiente educacional, proporcionando uma educação de qualidade e inclusiva para todos os estudantes, independentemente de suas necessidades especiais. Este estudo reforça a importância de utilizar abordagens educacionais que incentivem a colaboração e o apoio mútuo, garantindo que todos os alunos possam aprender e crescer juntos em um ambiente acolhedor e equitativo.

Portanto, o estudo em questão demonstrou que os objetivos foram alcançados. O jogo da memória se revelou uma ferramenta poderosa e eficaz para o ensino de Termologia, não apenas facilitando a compreensão dos conceitos, mas também promovendo o engajamento e a inclusão de alunos com TEA. Assim, este estudo reforça a necessidade do uso de métodos educacionais adaptados que promovam a inclusão e a igualdade de oportunidades. A implementação de tais abordagens pode transformar significativamente o ambiente educacional, garantindo uma educação de qualidade que é acessível e benéfica para todos os alunos, independentemente de suas necessidades especiais. Dessa forma, o sucesso do jogo da memória como ferramenta educativa exemplifica como práticas pedagógicas inclusivas são cruciais para o desenvolvimento de um ambiente educacional equitativo, acolhedor e de excelência.

REFERÊNCIAS

- ALVES, I. B. **O desenvolvimento cognitivo de crianças autistas não verbais: Processo de formação das funções psicológicas superiores à luz de Vygotsky.** Trabalho de Conclusão do Curso (Graduação – Licenciada em Letras na habilitação Português/ Literaturas de Língua Portuguesa) – Faculdade de Letras. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2023.
- ASHBURNER, J. et al. Sensory processing and classroom emotional, behavioral, and educational outcomes in children with autism spectrum disorder. **American Journal of Occupational Therapy**, Bethesda, v. 62, n. 5, p. 564-573, 2014.
- BARON-COHEN, S.; LESLIE, A.; FRITH, U. Mechanical, behavioral and intentional understanding of picture stories in autistic children. **British Journal of Developmental Psychology**, 4, 113-125. 1986.
- BOWLBY, J. **Uma base segura: aplicações clínicas da teoria do apego.** Artmed Editora, 2023.
- CASANOVA, Suzana Assunção et al. Material didático adaptado para o ensino de Higiene e Saúde: Jogo da Memória Saudável para alunos com Transtorno do Espectro Autista (TEA). **Research, Society and Development**, v. 10, n. 8, p. e28910817318-e28910817318, 2021.
- COELHO, L.; PISONI, S. Vygotsky: sua teoria e a influência na educação. *Revista e-PED*, v. 2, n. 1, p. 144-152, 2012.
- COSTA, A. L. D. da. **Transtorno do espectro autista: a linguagem como instrumento de inclusão social e educacional.** Dissertação (Mestrado em Letras) – Universidade Federal do Tocantins, Programa de Pós-Graduação em Letras, Porto Nacional, 2023.
- CUNHA, W. M. M. da C. **Construção e utilização de jogos no processo de ensino-aprendizagem de conceitos matemáticos no ensino médio.** Dissertação (Mestrado em Ensino para a Educação Básica) – Instituto Federal Goiano, Campus Urutaí, 2023.
- DIAS, N. V. A. **Ensino de física e possibilidades de mobilização do saber.** Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Presidente Prudente, 2021.
- DE OLIVEIRA DINIZ, T.; DE SOUZA, R. V. B.. Aprendizagem ativa: breve revisão. **Scientific Electronic Archives**, v. 14, n. 7, p. 84-88, 2021.
- DE SOUSA, B. L. C. M.; DA SILVA, D. M. S.. Os recursos didáticos concretos e adaptados no ensino de ciências para estudantes com transtorno do espectro autista (TEA). **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 18, n. 2, p. 210-229, 2023.
- DETTMER, S.; et al. The use of visual supports to facilitate transitions of students with autism. **Focus on Autism and Other Developmental Disabilities, Thousand Oaks**, v. 15, n. 3, p. 163-169, 2000.

- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 7ª. ed. São Paulo: Atlas, 2022.
- GOMES, A. V. L.; BRITO, H. V. M.; MONTES, P. V. O LÚDICO COMO FERRAMENTA PEDAGÓGICA NAS SÉRIES INICIAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL. **Epitaya E-books**, v. 1, n. 75, p. 01-61, 2024.
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R. WALKER, J. **Fundamentos de física, volume 2: gravitação, ondas e termodinâmica**. v. 2. 10. ed. – Rio de Janeiro: LTC, 2016.
- HUME, K., et al. Use of visual supports with young children with autism spectrum disorders. In: **Handbook of early intervention for autism spectrum disorders**. New York: Springer, 2014. p. 175-202.
- LIBÂNEO, C. B. **Adeus Professor, Adeus Professora? Novas Exigências Educacionais e Profissão Docente**. Cortez, Ed. 8ª edição. São Paulo-SP. 2004.
- LIMA, J.; SILVA, M. The use of visual supports in teaching children with autism spectrum disorder. **International Journal of Inclusive Education**, v. 22, n. 8, p. 843-856, 2018.
- MAYER, M. J.; KUBINA, R. M. Visual supports for promoting social skills in students with autism spectrum disorders. **Education and Training in Autism and Developmental Disabilities**, v. 50, n. 2, p. 205-217, 2015.
- MENDES, A.; ALMEIDA, B. Visual aids in the education of children with autism. **European Journal of Special Needs Education**, v. 34, n. 3, p. 405-418, 2019.
- OLIVEIRA, F. et al. Social stories and illustrated scenarios: tools for teaching social skills to children with autism. **Journal of Autism and Developmental Disorders**, v. 50, n. 6, p. 1821-1832, 2020.
- MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 9ª. ed. São Paulo: Atlas, 2021.
- MAS, N. A. **Transtorno do Espectro Autista – história da construção de um diagnóstico**. Dissertação (Mestrado – Pós-Graduação em Psicologia Clínica) – Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.
- MATSON, J. L. et al. DSM-IV vs DSM-5 diagnostic criteria for toddlers with autism. **Developmental neurorehabilitation**, v. 15, n. 3, p. 185-190, 2012.
- MPU, Y.; ADU, E. O. The challenges of inclusive education and its implementation in schools: The South African perspective. **Perspectives in Education**, v. 39, n. 2, p. 225-238, 2021.
- NEGREIROS, L. M. dos S. **Ações educacionais inclusivas no ensino de ciências na concepção da equipe multidisciplinar escolar sobre o transtorno do espectro autista, em Manaus/AM**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2023.

NEL, N. M. et al. Teachers' perceptions of education support structures in the implementation of inclusive education in South Africa. **Koers**, v. 81, n. 3, p. 1-14, 2016.

OLIVEIRA, A. F. T. de M.; SANTIAGO, C. B. S.; TEIXEIRA, R. A. G. Educação inclusiva na universidade: perspectivas de formação de um estudante com transtorno do espectro autista. **Educação e Pesquisa**, v. 48, p. e238947, 2022.

OLIVEIRA, J. G. **Autismo e tecnologia**: uma revisão crítica da literatura sobre inclusão digital. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Bacharelado em Sistemas de Informação) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Ceres, Ceres, 2023.

OUSLEY, O.; CERMAK, T. Autism spectrum disorder: defining dimensions and subgroups. **Current developmental disorders reports**, v. 1, p. 20-28, 2014.

PEREIRA, E. G. **Autismo: do conceito à pessoa**. Secretariado Nacional de Reabilitação. 1996 Disponível em:
https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/34501/1/Autismo%20do%20conceito%20C3%A0%20pessoa_livro009.pdf. Acesso em 07 de abr. 2024.

PRENSKY, M. **Aprendizagem baseada em jogos digitais**. Editora Senac São Paulo, 2021.
RODRIGUES, R. G.; DA SILVA, J. L. T.; SILVA, M. A. Aprofundando o conhecimento sobre a zona de desenvolvimento proximal (ZDP) de Vygotsky. **Revista Carioca de Ciência, Tecnologia e Educação**, [S. l.], v. 6, n. 1, p. 2–15, 2021. DOI: 10.17648/2596-058X-recite-v6n1-1. Disponível em: <https://recite.unicarioca.edu.br/rccte/index.php/rccte/article/view/123>. Acesso em: 7 abr. 2024.

SANTOS, F. J. da S., et al. **Transtorno do espectro autista (TEA): desafios da inclusão**, volume 2. Gláucia Rosana Guerra Benute (Org.). São Paulo: Setor de Publicações - Centro Universitário São Camilo, 2020. – (Coleção Ensaios sobre Acessibilidade). 50 p. Vários autores ISBN 978-85-87121-58-5

SERWAY, R. A.; JEWETT Jr, J. W. **Física para Cientistas e Engenheiros: Mecânica**, v.1. 8ª ed., Ed. Cengage Learning, 2012.

SCHMIDT, C. **Autismo, educação e transdisciplinaridade**. Papyrus Editora, 2014.

SCHREIBMAN, L.; KOO, C.; NARAHARA, R. Teaching social and play behaviors to children with autism. **Journal of Autism and Developmental Disorders**, New York, v.45, n. 6, p. 1598-1609, 2015.

SIQUEIRA, V. F.; GOI, M. E. J. A Teoria de Vygotsky e Suas Contribuições Para O Ensino de Ciências. **Revista Científica Eletrônica de Psicologia da FAEF**, v. 38, p. 1-14, 2022.

SOUZA, A. C. de; SILVA, G. H. G. da. Incluir não é apenas socializar: As contribuições das tecnologias digitais educacionais para a aprendizagem matemática de estudantes com transtorno do espectro autista. **Bolema: Boletim de Educação Matemática**, v. 33, p. 1305-1330, 2019.

SUNDBERG, M. L., et al. Promoting functional communication in children with autism spectrum disorder: Visual supports and communication devices. *Behavior Analysis in Practice*, New York, v. 9, n. 3, p. 203-211, 2016.

TÉBAR, L. **O perfil do professor mediador: pedagogia da mediação**. Editora Senac São Paulo, 2023.

WONG, C., et al. Evidence-based practices for children, youth, and young adults with autism spectrum disorder. **Journal of Autism and Developmental Disorders**, New York, v. 45, n. 7, p. 1951-1966, 2015.

VYGOTSKY, L.S. *A formação social da mente*. 4 ed. São Paulo: Martins Fontes, 1991.

VYGOTSKY, L.S. *A construção do pensamento e da linguagem*. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. **Física II: termodinâmica e ondas**. 14. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2016.

APÊNDICE A – Questionário sobre as dificuldades em Termologia

Identificação do Aluno:

Nome: _____

TESTE I

Questão 1. Qual é a sua principal dificuldade na disciplina de Física, especificamente em relação à termologia (calor, temperatura, dilatação térmica, estudo dos gases, termodinâmica, etc.)?

Questão 2. Você já teve contato com o conteúdo de calor e temperatura? Em caso afirmativo, o que você lembra sobre esses conceitos? Em caso negativo, quais são as suas expectativas em relação ao aprendizado de calor e temperatura?

Questão 3. Você já teve dificuldades com as equações matemáticas da Termologia, como a equação do calor sensível ($Q = mc\Delta T$)? Se sim, quais partes são mais desafiadoras?

Questão 4. Você já teve dificuldades em relação a compreensão dos conceitos físicos em Termologia? Se sim, quais conceitos foram mais difíceis de entender?

Questão 5. Como você avalia o uso de gráficos e diagramas no ensino da termodinâmica? Eles ajudam na compreensão dos conceitos?

Questão 6. Você sente que o ritmo das aulas de termologia é adequado para o seu entendimento? O que poderia ser ajustado?

Questão 7. Você acha que aulas de reforço ou tutorias específicas em termologia, incluindo o uso de recursos didáticos como jogos de memória e exemplos do cotidiano, seriam benéficas para o seu aprendizado?

APÊNDICE B – Teste de satisfação sobre o Jogo da Memória

Identificação do Aluno:

Nome: _____

TESTE II

Questão 1. Avalie seu nível de satisfação geral com o jogo da memória:

- Muito satisfeito(a)
- Satisfeito(a)
- Neutro
- Insatisfeito(a)
- Muito insatisfeito(a)

Questão 2. O jogo ajudou a melhorar seu entendimento sobre os conceitos de termologia (calor, temperatura, escalas termométricas, calorimetria, dilatação térmica, termodinâmica e estudo dos gases)?

- Muito
- Moderadamente
- Pouco
- Não ajudou

Questão 3. Qual foi o conceito mais difícil de entender enquanto jogava?

- Temperatura e Calor
- Escalas termométricas
- Calorimetria
- Dilatação térmica
- Estudo dos gases
- Termodinâmica

Questão 4. Qual foi o conceito mais fácil de entender enquanto jogava?

- Temperatura e Calor
- Escalas termométricas
- Calorimetria
- Dilatação térmica
- Estudo dos gases
- Termodinâmica

Questão 5. Como você avalia a clareza das instruções do jogo?

- Muito claras
- Claras
- Neutras
- Confusas
- Muito confusas

Questão 6. Avalie o layout e as figuras utilizadas no jogo:

- Excelente
- Bom
- Adequado
- Ruim
- Muito ruim

Questão 7. O jogo foi desafiador o suficiente para manter seu interesse?

- Sim, muito desafiador
- Sim, moderadamente desafiador
- Neutro
- Não, pouco desafiador
- Não, nada desafiador

8. Você encontrou algum problema técnico durante o jogo?

- Não, nenhum problema
- Sim, poucos problemas (por favor, descreva)
- Sim, muitos problemas (por favor, descreva)

Questão 9. Você recomendaria este jogo para outros estudantes que estão aprendendo sobre terminologia?

- Sim, definitivamente
- Sim, provavelmente
- Talvez
- Provavelmente não
- Definitivamente não

Questão 10. Você tem alguma sugestão de funcionalidade ou de melhoria? Se sim, qual?

Por favor, escreva sua sugestão abaixo:

APÊNDICE C – Produto Educacional

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENADORIA GERAL DE PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – MNPEF**

ONÉLIO DE ABREU XAVIER

JOGO DA MEMÓRIA: EXPLORANDO A TERMOLOGIA

**TERESINA
2024**

ONÉLIO DE ABREU XAVIER**JOGO DA MEMÓRIA: EXPLORANDO A TERMOLOGIA**

Produto Educacional apresentada à Coordenação do Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física MNPEF - Polo 26, da Universidade Federal do Piauí (UFPI) como requisito para obtenção do grau de Mestre em Ensino de Física.

Linha de Pesquisa: Recursos Didáticos para o Ensino de Física.

Orientador: Dr. Paulo Henrique Ribeiro Barbosa

TERESINA
2024

RESUMO

O guia de utilização do jogo da memória “Explorando a Termologia” foi desenvolvido com o intuito de proporcionar uma experiência educacional interativa e inclusiva, especialmente para alunos com Transtorno do Espectro Autista (TEA) e seus colegas. Utilizando a metodologia de Aprendizagem Baseada em Jogos, o jogo facilita a compreensão e memorização dos conceitos fundamentais de termologia de maneira visual e lúdica. Este recurso didático visa promover a aprendizagem inclusiva dos conceitos fundamentais de Termologia para alunos com TEA, valorizando suas habilidades individuais. Especificamente, o jogo visa utilizar cartas com imagens, termos e definições que representem conceitos fundamentais de Termologia, melhorar a memória visual dos alunos através da busca e reconhecimento de pares de cartas, incentivar a comunicação e o trabalho em equipe entre os alunos, e oferecer suporte adicional, como dicas ou explicações, para garantir a participação plena de todos os alunos. O jogo é destinado a todos os alunos, incluindo aqueles diagnosticados com TEA, trabalhando em conjunto com os alunos sem diagnóstico da sua turma, promovendo a educação inclusiva. O jogo da memória foi adaptado para tornar a aprendizagem de Termologia mais divertida e desafiadora. Além de encontrar os pares de cartas, os jogadores precisam responder a perguntas sobre os conceitos de Termologia relacionados às imagens das cartas. As perguntas são elaboradas pelo professor para estimular a reflexão e a associação visual dos conteúdos. Acertar o par e a pergunta rende 2 pontos, e a equipe com mais pontos ao final do jogo é a vencedora. Por fim, este recurso pedagógico exemplifica a importância de práticas inclusivas para o desenvolvimento de um ambiente educacional equitativo, acolhedor e de excelência.

Palavras-chave: Educação Inclusiva; TEA (Transtorno do Espectro Autista); Aprendizagem Visual; Colaboração; Termologia.

ABSTRACT

The user guide for the memory game "Exploring Thermodynamics" was developed with the aim of providing an interactive and inclusive educational experience, especially for students with Autism Spectrum Disorder (ASD) and their peers. Using the Game-Based Learning methodology, the game facilitates the understanding and memorization of fundamental thermodynamics concepts in a visual and playful way. This educational resource aims to promote inclusive learning of fundamental thermodynamics concepts for students with ASD, valuing their individual abilities. Specifically, the game aims to use cards with images, terms, and definitions that represent fundamental thermodynamics concepts, improve students' visual memory through the search and recognition of pairs of cards, encourage communication and teamwork among students, and offer additional support, such as tips or explanations, to ensure the full participation of all students. The game is intended for all students, including those diagnosed with ASD, working together with students without a diagnosis in their class, promoting inclusive education. The memory game has been adapted to make learning thermodynamics more fun and challenging. In addition to finding pairs of cards, players must answer questions about the thermodynamics concepts related to the images on the cards. The questions are developed by the teacher to stimulate reflection and visual association of the content. Getting the pair and answering the question correctly earns 2 points, and the team with the most points at the end of the game wins. Finally, this pedagogical resource exemplifies the importance of inclusive practices for the development of an equitable, welcoming, and excellent educational environment.

Keywords: Inclusive Education; ASD (Autism Spectrum Disorder); Visual Learning; Collaboration; Thermodynamics.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	05
2 OBJETIVOS	06
2.1 Objetivo Geral	06
2.2 Objetivos Específicos	06
3 PÚBLICO-ALVO	07
4 ESTRUTURA DO JOGO	08
4.1 Descrição do Jogo	08
4.2 Apresentação das Regras do Jogo	10
4.2.1 Objetivo	10
4.2.2 Como jogar	10
5 CONCLUSÃO	11
REFERÊNCIAS	12
APÊNDICE A – Imagens das Cartas para Impressão	15

1 INTRODUÇÃO

Bem-vindo ao guia de utilização do jogo da memória “Explorando a Termologia”! Este jogo foi desenvolvido para proporcionar uma experiência educacional interativa e inclusiva, especialmente pensada para alunos com Transtorno do Espectro Autista (TEA) e seus colegas de turma. Utilizando a metodologia de Aprendizagem Baseada em Jogos, buscamos facilitar a compreensão e a memorização dos conceitos fundamentais de termologia de maneira visual e lúdica.

Este guia foi elaborado para fornecer aos professores de Física um recurso didático que integra alunos com necessidades educacionais especiais, como aqueles diagnosticados com TEA, em atividades de aprendizagem conjunta com a turma regular. O uso do jogo da memória “Explorando a Termologia” permite que os professores promovam a educação inclusiva, onde todos os alunos participam de um ambiente colaborativo de aprendizagem. Dessa forma, as cartas coloridas e coringas, associadas a diferentes áreas da Termologia, ajudam na identificação e memorização dos conteúdos, tornando o aprendizado mais visual e interativo.

Além de facilitar a compreensão dos conceitos de termologia, a metodologia utilizada no jogo também é útil para desenvolver habilidades sociais e cognitivas, como memória visual, concentração e capacidade de correlacionar informações. Este enfoque promove um ambiente de aprendizado onde a interação e a colaboração são incentivadas, beneficiando tanto alunos com TEA quanto seus colegas.

Esperamos que este guia não só facilite a compreensão dos conceitos de termologia, mas também transforme o aprendizado em uma experiência divertida e inclusiva para todos os envolvidos. Juntos, podemos promover uma educação mais acessível e igualitária, onde cada aluno tenha a oportunidade de aprender e crescer plenamente.

Por fim, no Apêndice A deste guia, encontram-se as imagens das cartas para impressão, permitindo aos professores preparar o material necessário para a implementação do jogo em suas salas de aula.

2 OBJETIVOS DO JOGO

2.1 Objetivo Geral

Promover a aprendizagem inclusiva dos conceitos fundamentais da terminologia para alunos com TEA, oferecendo uma experiência educacional que valoriza suas habilidades individuais.

2.2 Objetivos Específicos

- a) Utilizar cartas com imagens, termos e definições que representem conceitos fundamentais de terminologia, ajudando os alunos a associar visualmente os conceitos às suas representações;
- b) Melhorar a memória visual dos alunos através da busca e reconhecimento de pares de cartas, conectando termos com suas definições ou aplicações;
- c) Incentivar os alunos a jogarem em pares ou pequenos grupos, facilitando a comunicação e o trabalho em equipe enquanto discutem e ajudam uns aos outros a encontrar os pares corretos;
- d) Oferecer suporte adicional, como dicas ou explicações, para garantir que todos os alunos possam participar plenamente e alcançar o sucesso no jogo.

3 PÚBLICO-ALVO

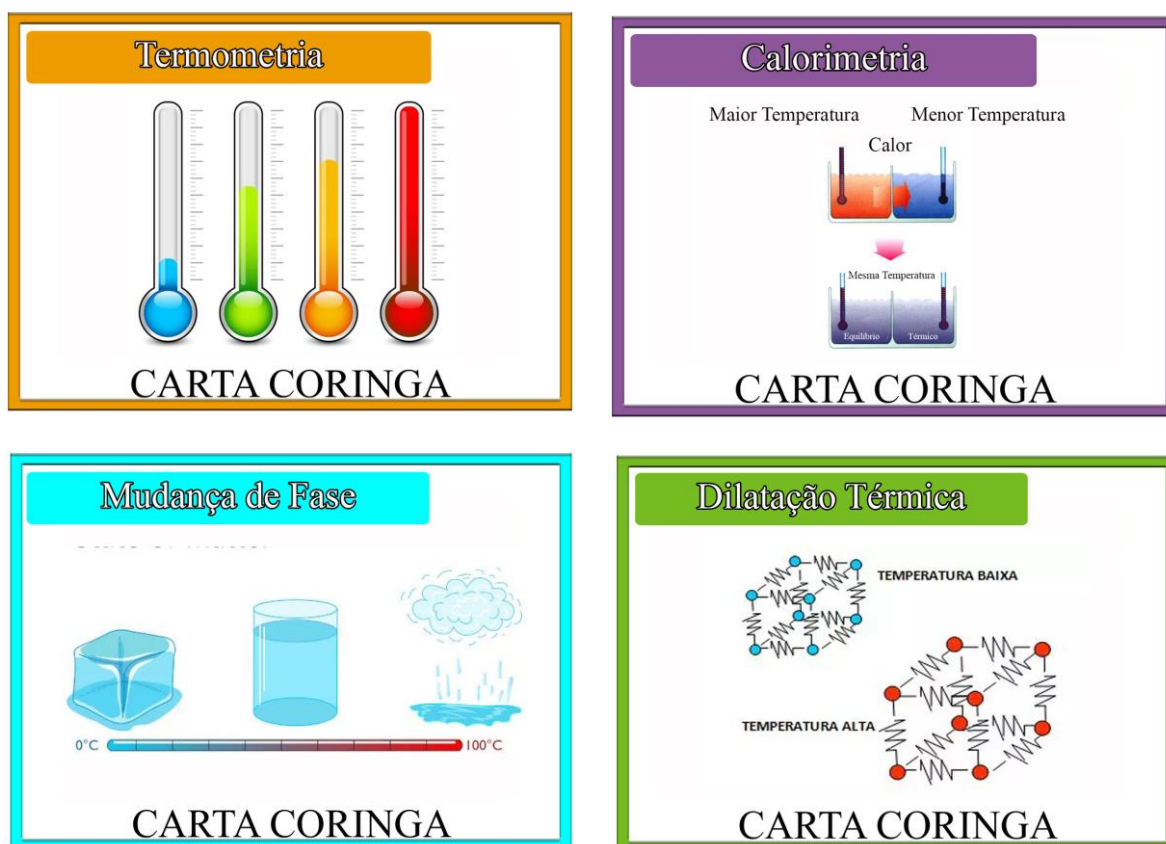
Este jogo é direcionado a todos os alunos, incluindo aqueles diagnosticados com TEA, trabalhando em conjunto com alunos sem diagnóstico. Ele promove a educação inclusiva, integrando alunos com necessidades educacionais especiais em um ambiente colaborativo de aprendizagem.

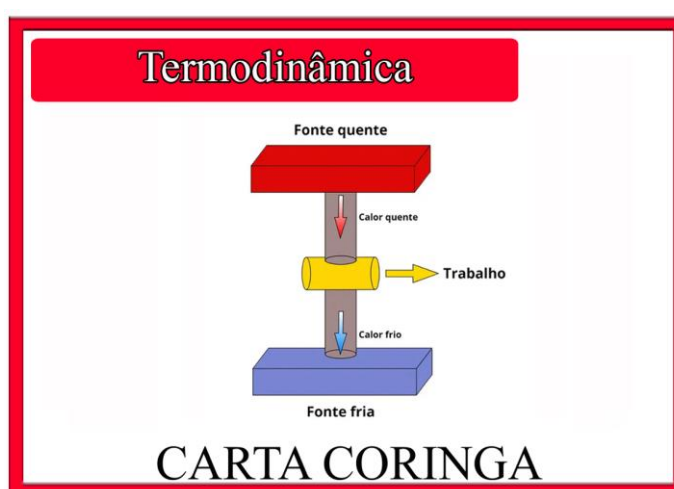
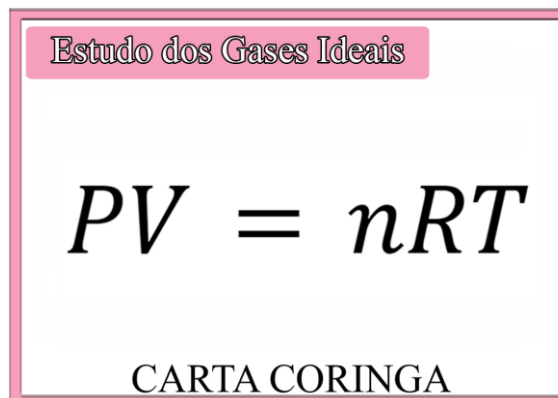
4 ESTRUTURA DO JOGO

4.1 Descrição do Jogo

O jogo da memória “Explorando a Termologia” foi projetado com o propósito específico de auxiliar alunos, especialmente aqueles diagnosticados com o Transtorno do Espectro Autista (TEA), a aprender de maneira visual e lúdica os conceitos fundamentais da termologia. Baseado em estudos que destacam a eficiência de estratégias visuais e atividades práticas para esse público, o jogo utiliza cartas coloridas (cartas coringas) para representar diferentes áreas da termologia: Termometria (laranja), Calorimetria (roxa), Mudanças de Estado da Matéria (azul), Dilatação Térmica (verde), Transferência de Calor (amarela), e Estudo dos Gases Ideais (cor-de-rosa) e Termodinâmica (vermelha), conforme ilustrado na Figura 5.1.

Figura 5.1 – Variação do Volume de um Grama de Água com a Temperatura no Intervalo de 0 °C a 100 °C.





Fonte: Autoria própria (Xavier, 2024).

Cada conjunto de cartas é composto por imagens, conceitos e fórmulas matemáticas específicas relacionados à sua área correspondente. Além disso, há cartas coringa que representam categorias maiores dentro da terminologia, cada uma com uma cor distintiva que facilita a associação dos alunos. Por exemplo, a Carta Coringa Termometria (Laranja) tem os seguintes conceitos representados: Escalas Termométricas, Escala Celsius ($^{\circ}\text{C}$), Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$) e Kelvin (K); a Carta Coringa Calorimetria (Roxa) tem os conceitos: Equilíbrio Térmico, Calor Sensível e Calor Latente; a Carta Coringa Mudanças de Estado da Matéria (Azul) apresenta os conceitos: Fusão, Vaporização, Sublimação, Condensação; a Carta Coringa Dilatação Térmica (Verde): possui os conceitos: Dilatação Linear, Dilatação Superficial, Dilatação Volumétrica dos Sólidos e Dilatação Volumétrica dos Líquidos; a Carta Coringa Transferência de Calor (Amarela) por sua vez apresenta os conceitos: Condução Térmica, Convecção Térmica, Radiação Térmica; já a Carta Coringa Estudo dos Gases Ideais (Rosa), tem os seguintes conceitos representados: Processo Termodinâmico Isotérmico, Processo Termodinâmico Isobárico, Processo Termodinâmico Isocórico, Processo Termodinâmico Adiabático; por fim,

a Carta Coringa Termodinâmica (Vermelha) apresenta os seguintes conceitos: Lei Zero da Termodinâmica, Primeira Lei da Termodinâmica, Ciclo de Carnot.

O funcionamento do jogo segue um formato tradicional de memória com uma adaptação que o torna mais interativo e desafiador. Após encontrar um par de cartas correspondentes, o jogador deve responder a uma pergunta relacionada à imagem das cartas. As perguntas, elaboradas previamente pelo professor, exploram conceitos de Termologia relacionados às imagens nas cartas, incentivando a reflexão e a associação visual dos conteúdos. Por exemplo, se um aluno encontrar um par de cartas com as imagens de um termômetro e um gráfico de temperatura, a pergunta pode ser: "Qual a diferença entre as escalas Celsius e Fahrenheit?".

Os benefícios educacionais são diversos. A utilização de cores e imagens facilita a compreensão e memorização dos conceitos, tornando o aprendizado mais acessível e inclusivo. Além disso, a natureza lúdica do jogo promove um maior engajamento dos alunos, tornando o processo de aprendizagem mais dinâmico e interativo. Essas características não apenas beneficiam o ensino de Termologia, mas também contribuem para o desenvolvimento de habilidades cognitivas essenciais que são aplicáveis não apenas na educação, mas também na vida cotidiana.

4.2 Apresentação das Regras do Jogo

4.2.1 Objetivo

Encontrar todos os pares de cartas correspondentes e responder corretamente às perguntas relacionadas às imagens das cartas.

4.2.2 Como jogar

- a) Preparação: Embaralhe todas as cartas e coloque-as viradas para baixo sobre a mesa.
- b) Divisão dos grupos: Forme equipes com os participantes.
- c) Rodadas: Cada jogador, na sua vez, virará duas cartas.
- d) Verificação e pontuação: Se as cartas formarem um par, retire-as e responda à pergunta. Você ganha 2 pontos: 1 pelo par e 1 pela resposta correta. Se não formarem par, vire as cartas novamente.
- e) Fim do jogo: O jogo termina quando todas as cartas forem encontradas.
- f) Vencedor: A equipe com mais pontos vence!

5 CONCLUSÃO

O jogo da memória “Explorando a Termologia” é uma ferramenta educativa projetada para facilitar a compreensão de conceitos complexos de termologia e promover um ambiente educacional inclusivo e colaborativo. Este guia foi desenvolvido para fornecer aos professores de Física um recurso eficaz que integra alunos sem necessidades educacionais especiais, como aqueles diagnosticados com Transtorno do Espectro Autista (TEA), em atividades de aprendizagem conjunta com todos os alunos da turma.

Ao utilizar o jogo, os professores podem promover a educação inclusiva, onde todos os alunos participam de um ambiente colaborativo de aprendizagem. As cartas coloridas e coringas, associadas a diferentes áreas da termologia, ajudam na identificação e memorização de conceitos, tornando o aprendizado mais visual e interativo. Esta metodologia também é útil para desenvolver habilidades sociais e cognitivas, como memória visual, concentração e capacidade de correlacionar informações.

A aplicação dos questionários inicial e de satisfação permite aos professores avaliar o impacto do jogo na aprendizagem dos alunos e obter *feedback* valioso para aprimoramentos contínuos. O questionário inicial ajudará a identificar as dificuldades dos alunos em Física, especialmente em Termologia, e a adaptar as atividades de ensino conforme necessário. O questionário de satisfação, aplicado após a intervenção educativa, permitirá avaliar a percepção dos alunos sobre o jogo, fornecendo percepções sobre sua eficácia e possíveis áreas de melhoria.

Este guia destaca a importância de metodologias educacionais inovadoras e adaptativas que incentivam a colaboração e o apoio mútuo. Ao implementar o jogo da memória “Explorando a Termologia”, os professores podem transformar o ambiente educacional, proporcionando uma educação de qualidade acessível e benéfica para todos os alunos, independentemente de suas necessidades especiais. Este recurso pedagógico exemplifica como práticas inclusivas são cruciais para o desenvolvimento de um ambiente educacional equitativo, acolhedor e de excelência.

Portanto, o jogo da memória "Explorando a Termologia" oferece uma abordagem prática e lúdica para o ensino de Termologia, promovendo a inclusão e a igualdade de oportunidades no processo de aprendizagem. A implementação deste jogo em sala de aula não apenas facilitará a compreensão dos conceitos de Termologia, mas também contribuirá para a criação de um ambiente educacional mais inclusivo e colaborativo, beneficiando todos os alunos e reforçando a importância de práticas pedagógicas inclusivas.

REFERÊNCIAS

- ALVES, I. B. **O desenvolvimento cognitivo de crianças autistas não verbais: Processo de formação das funções psicológicas superiores à luz de Vygotsky.** Trabalho de Conclusão do Curso (Graduação – Licenciada em Letras na habilitação Português/ Literaturas de Língua Portuguesa) – Faculdade de Letras. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2023.
- BARON-COHEN, S.; LESLIE, A.; FRITH, U. Mechanical, behavioral and intentional understanding of picture stories in autistic children. **British Journal of Developmental Psychology**, 4, 113-125. 1986.
- BOWLBY, J. **Uma base segura: aplicações clínicas da teoria do apego.** Artmed Editora, 2023.
- CASANOVA, S. A. et al. Material didático adaptado para o ensino de Higiene e Saúde: Jogo da Memória Saudável para alunos com Transtorno do Espectro Autista (TEA). **Research, Society and Development**, v. 10, n. 8, p. e28910817318-e28910817318, 2021.
- COELHO, L.; PISONI, S.. Vygotsky: sua teoria e a influência na educação. *Revista e-PED*, v. 2, n. 1, p. 144-152, 2012.
- COSTA, A. L. D. da. **Transtorno do espectro autista: a linguagem como instrumento de inclusão social e educacional.** Dissertação (Mestrado em Letras) – Universidade Federal do Tocantins, Programa de Pós-Graduação em Letras, Porto Nacional, 2023.
- CUNHA, W. M. M. da C.. **Construção e utilização de jogos no processo de ensino-aprendizagem de conceitos matemáticos no ensino médio.** Dissertação (Mestrado em Ensino para a Educação Básica) – Instituto Federal Goiano, Campus Urutaí, 2023.
- DIAS, N. V. A.. **Ensino de física e possibilidades de mobilização do saber.** Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Presidente Prudente, 2021.
- DE SOUSA, B. L. C. M.; DA SILVA, D. M. S.. Os recursos didáticos concretos e adaptados no ensino de ciências para estudantes com transtorno do espectro autista (TEA). **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 18, n. 2, p. 210-229, 2023.
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R. WALKER, J.. **Fundamentos de física, volume 2 : gravitação, ondas e termodinâmica.** v. 2. 10. ed. – Rio de Janeiro: LTC, 2016.
- LIBÂNEO, C. B. **Adeus Professor, Adeus Professora? Novas Exigências Educacionais e Profissão Docente.** Cortez, Ed. 8ª edição. São Paulo-SP. 2004.
- MAS, N. A.. **Transtorno do Espectro Autista – história da construção de um diagnóstico.** Dissertação (Mestrado – Pós-Graduação em Psicologia Clínica) – Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.
- MATSON, J. L. et al. DSM-IV vs DSM-5 diagnostic criteria for toddlers with autism. **Developmental neurorehabilitation**, v. 15, n. 3, p. 185-190, 2012.

MPU, Y.; ADU, E. O. The challenges of inclusive education and its implementation in schools: The South African perspective. **Perspectives in Education**, v. 39, n. 2, p. 225-238, 2021.

NEGREIROS, L. M. dos S.. **Ações educacionais inclusivas no ensino de ciências na concepção da equipe multidisciplinar escolar sobre o transtorno do espectro autista, em Manaus/AM**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2023.

NEL, N. M. et al. Teachers' perceptions of education support structures in the implementation of inclusive education in South Africa. **Koers**, v. 81, n. 3, p. 1-14, 2016.

OLIVEIRA, A. F. T. de M.; SANTIAGO, C. B. S.; TEIXEIRA, R. A. G.. Educação inclusiva na universidade: perspectivas de formação de um estudante com transtorno do espectro autista. **Educação e Pesquisa**, v. 48, p. e238947, 2022.

OLIVEIRA, J. G.. **Autismo e tecnologia: uma revisão crítica da literatura sobre inclusão digital**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Bacharelado em Sistemas de Informação) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Ceres, Ceres, 2023.

OLIVIER, C. E.; ZAMPIN, I. C. Importância das aplicações das metodologias ativas em sala de aula. **Revista Educação em Foco**, v. 16, p. 1-19, 2024.

OUSLEY, O.; CERMAK, T.. Autism spectrum disorder: defining dimensions and subgroups. **Current developmental disorders reports**, v. 1, p. 20-28, 2014.

PEREIRA, E. G.. **Autismo: do conceito à pessoa**. **Secretariado Nacional de Reabilitação**. 1996 Disponível em: https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/34501/1/Autismo%20do%20conceito%20C3%A0%20pessoa_livro009.pdf. Acesso em 07 de abr. 2024.

RODRIGUES, R. G.; DA SILVA, J. L. T.; SILVA, M. A. Aprofundando o conhecimento sobre a zona de desenvolvimento proximal (ZDP) de Vygotsky. **Revista Carioca de Ciência, Tecnologia e Educação**, [S. l.], v. 6, n. 1, p. 2–15, 2021. DOI: 10.17648/2596-058X-recite-v6n1-1. Disponível em: <https://recite.unicarioca.edu.br/rccte/index.php/rccte/article/view/123>. Acesso em: 7 abr. 2024.

SANTOS, F. J. da S., et al. **Transtorno do espectro autista (TEA): desafios da inclusão**, volume 2 . Gláucia Rosana Guerra Benute (Org.). São Paulo: Setor de Publicações - Centro Universitário São Camilo, 2020. – (Coleção Ensaios sobre Acessibilidade). 50 p. Vários autores ISBN 978-85-87121-58-5

SERWAY, R. A.; JEWETT Jr, J. W.. **Física para Cientistas e Engenheiros: Mecânica**, v.1. 8ª ed., Ed. Cengage Learning, 2012.

SCHMIDT, C.. **Autismo, educação e transdisciplinaridade**. Papyrus Editora, 2014.

SIQUEIRA, V. F.; GOI, M. E. J.. A Teoria de Vygotsky e Suas Contribuições Para O Ensino de Ciências. **Revista Científica Eletrônica de Psicologia da FAEF**, v. 38, p. 1-14, 2022.

SOUZA, A. C. de; SILVA, G. H. G. da. Incluir não é apenas socializar: As contribuições das tecnologias digitais educacionais para a aprendizagem matemática de estudantes com transtorno do espectro autista. **Bolema: Boletim de Educação Matemática**, v. 33, p. 1305-1330, 2019.

TÉBAR, L.. **O perfil do professor mediador: pedagogia da mediação**. Editora Senac São Paulo, 2023.

VYGOTSKY, L.S.. A formação social da mente. 4 ed. São Paulo: Martins Fontes, 1991.

VYGOTSKY, L.S.. A construção do pensamento e da linguagem. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A.. **Física II: termodinâmica e ondas**. 14. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2016.

APÊNDICE A – Imagens das Cartas para Impressão

Processos de Transferência de Calor



CARTA CORINGA

Dilatação Térmica



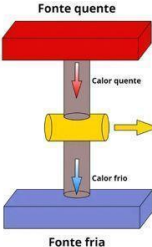
CARTA CORINGA

Estudo dos Gases Ideais

$$PV = nRT$$

CARTA CORINGA

Termodinâmica



CARTA CORINGA

Estudo dos Gases Ideais

Pressão 

Temperatura 

Volume 

CARTA CORINGA

Calorimetria

Maior Temperatura Menor Temperatura

Calor



CARTA CORINGA

Mudança de Fase



CARTA CORINGA

Termometria



CARTA CORINGA

Processos de Transferência de Calor

Convecção
Condução
Condução
Radiação

CARTA CORINGA

Dilatação Térmica

Temperatura Alta
Temperatura Baixa

CARTA CORINGA

Condensação

Gasoso para Líquido
Estado Gasoso (Nuvem)
Estado Líquido (Água)

CARTA CORINGA

Termodinâmica

Fonte quente
Trabalho
Máquina térmica
Fonte quente

CARTA CORINGA

Condensação

Gasoso para Líquido
GASOSO
LÍQUIDO

CARTA CORINGA

Calorimetria

Corpo quente
Corpo frio
Fluxo de Calor
Corpo A
Corpo B
T₁ 80 °C
T₂ 30 °C

CARTA CORINGA

Mudança de Fase

Sublimação
Fusão
Solidificação
Vaporização
Condensação
Resublimação/Deposição
Sólido
Líquido
Gás

CARTA CORINGA

Termometria

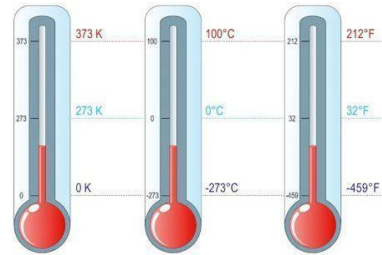
°C
°F
K
°C
°F
K

CARTA CORINGA

Escalas Termométricas

$$\frac{\theta_C}{5} = \frac{\theta_F - 32}{9} = \frac{\theta_K - 273}{5}$$

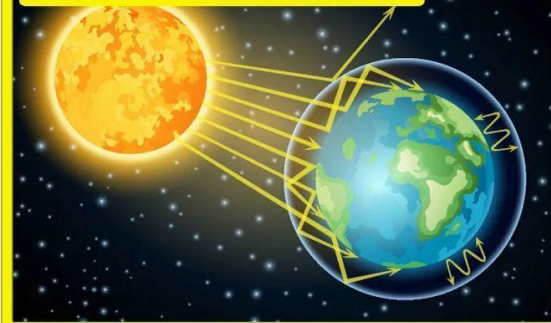
Escalas Termométricas



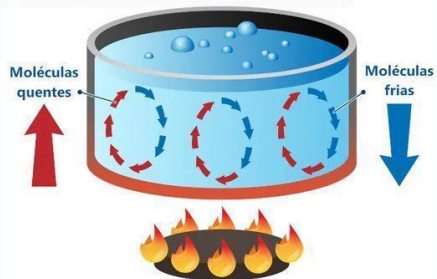
Irradiação



Irradiação



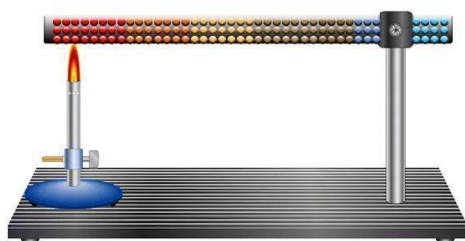
Convecção



Convecção



Condução



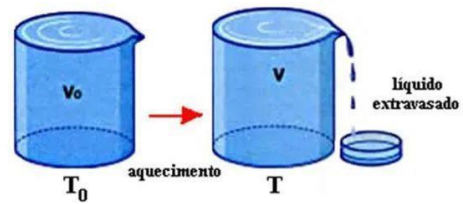
Condução



Dilatação Volumétrica dos Líquidos

$$\Delta V = 3\alpha V_0 \Delta T$$

Dilatação Volumétrica dos Líquidos



Dilatação Superficial

$$\Delta A = 2\alpha A_0 \Delta T$$

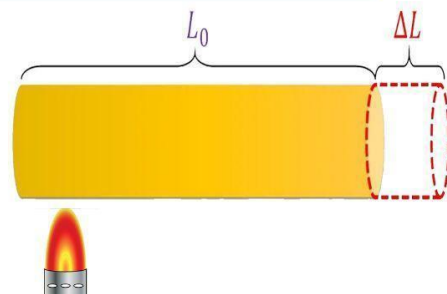
Dilatação Superficial



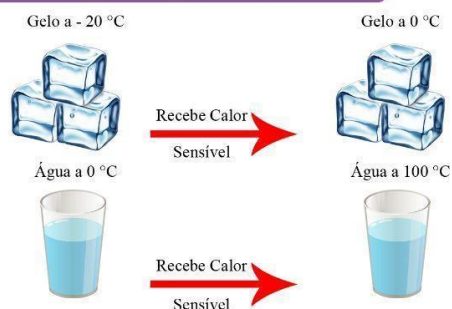
Dilatação Linear

$$\Delta L = \alpha L_0 \Delta T$$

Dilatação Linear



Calor Sensível



Calor Sensível

$$Q = mc\Delta T$$

Dilatação Volumétrica dos Sólidos



Dilatação Volumétrica dos Sólidos

$$\Delta V = \gamma V_0 \Delta T$$

Fusão

Sólido para Líquido

Estado Sólido
(Gelo)



Estado Líquido
(Água)

Fusão



SÓLIDO

Sólido para Líquido



LÍQUIDO

Sublimação

Sólido para Líquido

Estado Gasoso
(Gás)



Estado Sólido
(Gelo)

Sublimação



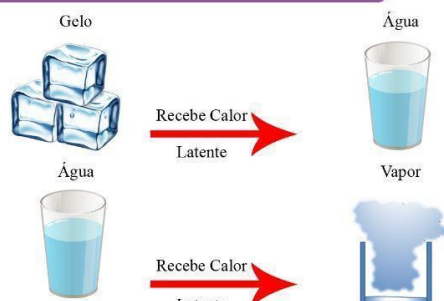
SÓLIDO

Sólido para Gasoso



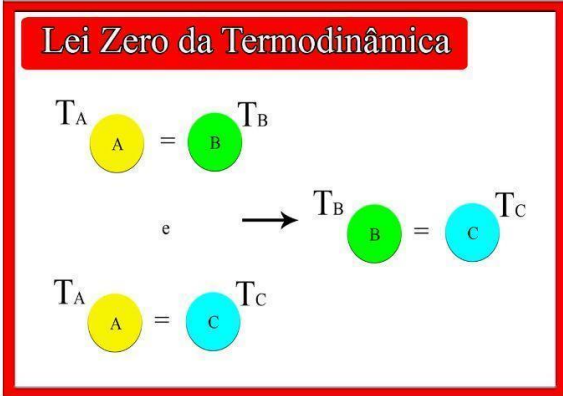
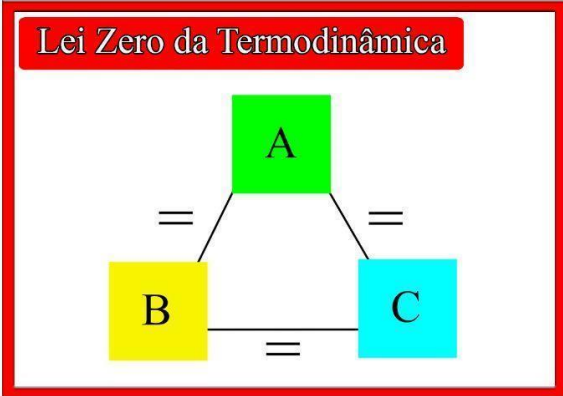
GASOSO

Calor Latente



Calor Latente

$$Q = mL$$



Escala Celsius (°C)

80 °C

Escala Celsius (°C)

Escala Kelvin (K)

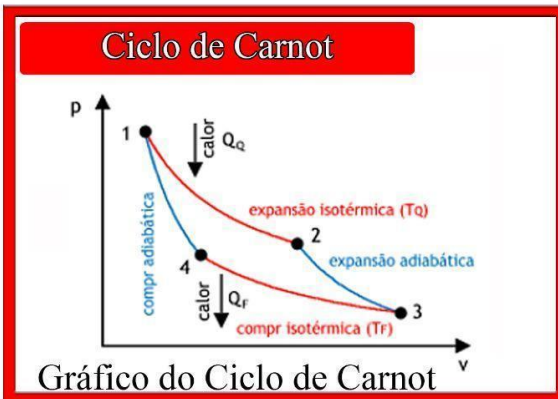
80 K

Escala Kelvin (K)

Escala Fahrenheit (°F)

80 °F

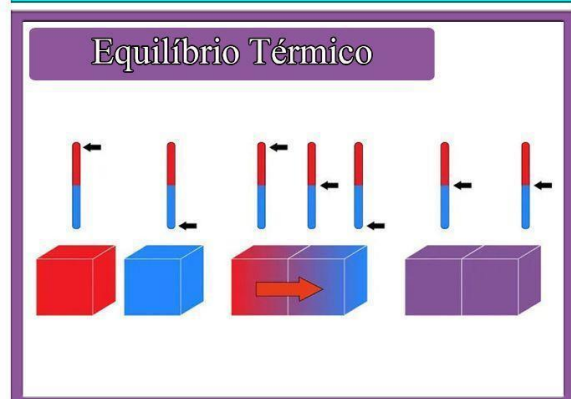
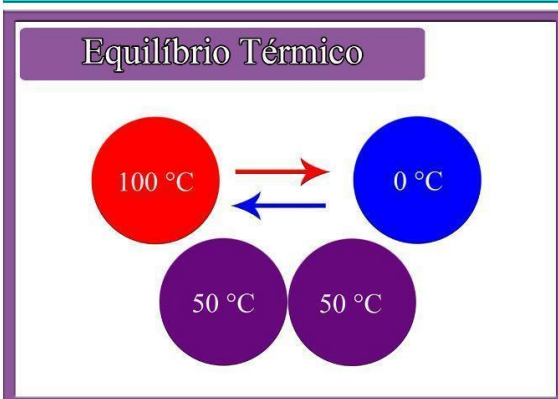
Escala Fahrenheit (°F)



Ciclo de Carnot

$$\eta = 1 - \left(\frac{T_2}{T_1} \right)$$

Equação de Rendimento
Ciclo de Carnot



1ª Lei da Termodinâmica

$$\Delta U = Q - W$$



Transformação Isobárica

$$\frac{V_f}{T_f} = \frac{V_i}{T_i}$$

Transformação Isobárica

$$W = P\Delta V$$

$$Q = \Delta U + W$$

Transformação Isotérmica

$$P_i V_i = P_f V_f$$

Transformação Isotérmica

$$\Delta U = 0$$

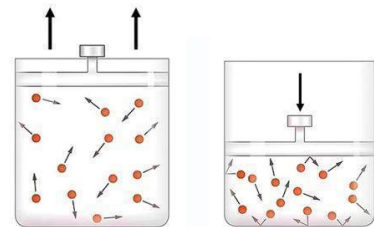
$$Q = W$$

Transformação Adiabática

$$Q = 0$$

$$\Delta U = -W$$

Transformação Adiabática



Expansão Adiabática

Compressão Adiabática

Transformação Isocórica

$$W = 0$$

$$\Delta U = Q$$

Transformação Isocórica

$$\frac{P_f}{T_f} = \frac{P_i}{T_i}$$