



**UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA**  
**GISELE DO LIVRAMENTO**

**PROCESSO DE APREENSÃO DE NOÇÕES TEÓRICAS DE CALORIMETRIA COM  
MATERIAIS INSTRUCIONAIS DESENVOLVIDOS PARA A CONVERSÃO DE  
REGISTROS FIGURAIIS EM REGISTROS TÁTEIS:  
UMA PROPOSTA METODOLÓGICA**

**Tubarão**  
**2017**

**GISELE DO LIVRAMENTO**

**PROCESSO DE APREENSÃO DE NOÇÕES TEÓRICAS DE CALORIMETRIA COM  
MATERIAIS INSTRUCIONAIS DESENVOLVIDOS PARA A CONVERSÃO DE  
REGISTROS FIGURAIS EM REGISTROS TÁTEIS:  
UMA PROPOSTA METODOLÓGICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Física – Licenciatura/Parfor da Universidade do Sul de Santa Catarina como requisito parcial à obtenção do título de Licenciado em Física.

Orientadora: Profa. Dra. Marleide Coan Cardoso.

Tubarão

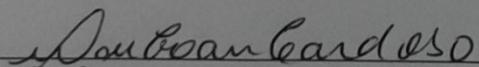
2017

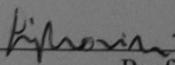
GISELE DO LIVRAMENTO

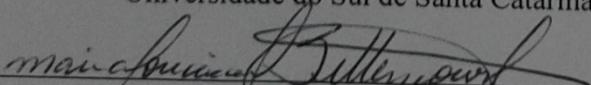
PROCESSO DE APREENSÃO DE NOÇÕES TEÓRICAS DE CALORIMETRIA COM  
MATERIAIS INSTRUACIONAIS DESENVOLVIDOS PARA A CONVERSÃO DE  
REGISTROS FIGURAIS EM REGISTROS TÁTEIS:  
UMA PROPOSTA METODOLÓGICA

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Licenciado em Física e aprovado em sua forma final pelo Curso de Licenciatura em Física/PARFOR da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Tubarão, 12 de julho de 2017.

  
\_\_\_\_\_  
Professora e orientadora Marleide Coan Cardoso, Dra.  
Universidade do Sul de Santa Catarina

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Lizandra Boton Marion Morini, Ms.  
Universidade do Sul de Santa Catarina

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Maria Conceição de Souza Bitencourt, Ms.  
Universidade do Sul de Santa Catarina

Aos meus alunos, Itamara, Jamile e Jadison,  
pelo esforço em frequentar a escola e por me  
dar a oportunidade de compartilhar alguns  
momentos e vivências.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço imensamente à minha família pelo apoio e incentivo. Ao meu namorado, pela paciência e auxílio.

Aos professores e colegas do Curso de Licenciatura em Física da Unisul, pelo conhecimento e experiência compartilhados.

Aos profissionais da E. E. B. Marechal Luz, por terem aberto as portas da instituição para que eu pudesse realizar meus estudos, em especial, à professora Susana, aos professores Marcelo, Diogo e Gilberto e à diretora Cristini.

Aos professores e alunos da ATIDEV (Associação Tubaronense para a Integração do Deficiente Visual), em especial à professora Keila pelo auxílio com a transcrição em Braille.

Aos profissionais do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência da Universidade do Sul de Santa Catarina, pela oportunidade de fazer parte deste projeto.

Agradecimentos especiais às professoras Marleide, Lizandra e Marilane, pela orientação deste trabalho.

“Educar é ensinar os outros a viver; é iluminar caminhos alheios; é amparar debilitados, transformando-os em fortes; é mostrar veredas, apontar escaladas, possibilitando avançar, sem muletas e sem tropeços; é transportar as almas que o Senhor nos confiar, à força insuperável da fé.” (Antonieta de Barros).

## RESUMO

O conhecimento científico construído durante a vida escolar, quando significativo ao indivíduo, pode interferir, por exemplo, nos hábitos alimentares, de higiene, na segurança do trabalho e até mesmo no modo como nos relacionamos em sociedade. A Física é uma ciência que, frequentemente, usa de figuras, tabelas e gráficos para ilustrar situações ou mostrar resultados, o que torna difícil a percepção do deficiente visual. De acordo com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), os conceitos físicos devem ser estudados utilizando problemáticas reais, de modo a ter significado para o aluno, tornando-se uma ferramenta de participação na sociedade. Neste sentido, é preciso modificar o modo como a sociedade entende o ensino de Física, caracterizado pela matematização excessiva, aparentemente sem relação alguma com a realidade do aluno. É preciso utilizar o ensino de física para inserir o aluno na sociedade, possibilitando sua efetiva interação social e capacitando-o para intervir no ambiente ao seu redor. No contexto atual, a escola recebe alunos com diferentes necessidades educacionais especiais. A educação inclusiva defende o acesso de todos à escola mediante a criação de práticas educativas que respeitem as necessidades dos educandos. Assim, neste trabalho, propõe-se uma sequência didática para o estudo da calorimetria, abrangendo a realização de experimentos e a utilização de materiais adaptados para conversão de registros visuais em táteis e audiodescrição, com materiais e *softwares* de fácil acesso. O respeito às necessidades dos alunos passa pela adaptação de materiais didáticos e atividades pedagógicas, com as quais o professor não está habituado, pois sua formação é defasada neste sentido.

Palavras-chave: Ensino de Física. Conversão de registros. Deficiência visual.

## ABSTRACT

Scientific knowledge built up during school life, when significant to the individual, can interfere, for example, with eating habits, hygiene, work safety and even how we relate to society. Physics is a science that often uses figures, tables and graphs to illustrate situations or show results, which makes it difficult to perceive the visually impaired. According to the National Curricular Common Base (BNCC), the physical concepts must be studied using real problems, in order to have meaning for the student, becoming a tool for participation in society. In this sense, it is necessary to modify the way in which society understands the teaching of Physics, characterized by excessive mathematization, apparently without any relation to the reality of the student. It is necessary to use physics teaching to insert students in society, enabling their effective social interaction and enabling them to intervene in the environment around them. In the current context, the school receives students with different special educational needs. Inclusive education advocates the access of all to the school through the creation of educational practices that respect the needs of learners. This work proposes a didactic sequence for the study of calorimetry, covering experiments and the use of materials adapted for the conversion of visual records into tactile and audio descripts, with easily accessible materials and software. Respect for the students' needs involves the adaptation of didactic materials and pedagogical activities, with which the teacher is not accustomed, since their formation is lagged in this sense.

Keywords: Teaching Physics. Conversion of Records. Visual impairment.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Kit reglete, prancheta e punção .....	26
Figura 2 - Máquina de escrever Braille ou máquina Perkins .....	26
Figura 3 - Disposição universal dos 63 sinais simples do sistema Braille .....	27
Figura 4 - Soroban .....	28
Figura 5 - Termômetro de gás a volume constante .....	31
Figura 6 - Gráficos de pressão versus temperatura a volume constante para três tipos e quantidades diferentes de gás .....	31
Figura 7 - Comparação das escalas de temperatura Celsius, Kelvin e Fahrenheit .....	33
Figura 8 – Os sistemas A e B estão isolados e possuem diferentes temperaturas $T_A$ e $T_B$ .....	34
Figura 9 – Lei Zero da Termodinâmica .....	35
Figura 10 - Réplica do equipamento utilizado no experimento de Joule, exibida em Olderbung, na Alemanha .....	38
Figura 11 - Calorímetro de Joule .....	38
Figura 12 - Calor específico da água em função da temperatura. O valor de $c$ varia menos que 1% entre $0^{\circ}\text{C}$ e $100^{\circ}\text{C}$ .....	41
Figura 13 – Esquema de um calorímetro bomba .....	43
Figura 14 - Mecanismos de transferência de calor .....	44
Figura 15 – Bandeira de Santa Catarina .....	52
Figura 16 – Espelho esférico .....	53
Figura 17 - Demonstração do experimento de problematização .....	62
Figura 18 – Material adaptado pela autora para comparação de escalas de temperatura Celsius, Kelvin e Fahrenheit .....	65

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Calores específicos a 20°C e 1atm .....	41
--	----

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
1.1	OBJETIVOS .....	16
1.1.1	Objetivo geral .....	16
1.1.2	Objetivos específicos .....	16
1.2	ESTRUTURA .....	16
<b>2</b>	<b>A EDUCAÇÃO ESCOLAR E A INCLUSÃO ESCOLAR DE ALUNOS COM DEFICIÊNCIA VISUAL .....</b>	<b>18</b>
2.1	A DEFICIÊNCIA VISUAL .....	23
2.2	O SISTEMA BRAILLE.....	25
<b>3</b>	<b>CALORIMETRIA.....</b>	<b>29</b>
3.1	TEMPERATURA E ESCALAS TERMOMÉTRICAS.....	29
3.2	EQUILÍBRIO TÉRMICO.....	34
3.3	ENERGIA TÉRMICA E CALOR.....	36
3.4	CAPACIDADE TÉRMICA E CALOR ESPECÍFICO .....	40
3.5	MECANISMOS DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR.....	43
3.5.1	Condução.....	44
3.5.2	Convecção .....	45
3.5.3	Radiação.....	46
<b>4</b>	<b>ADAPTAÇÃO DE MATERIAIS EM RELEVO E AUDIODESCRIÇÃO PARA ESTUDANTES COM DEFICIÊNCIA VISUAL.....</b>	<b>47</b>
4.1	REPRESENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA .....	47
4.2	RECOMENDAÇÕES PARA A ADAPTAÇÃO DE MATERIAIS EM RELEVO PARA ALUNOS COM DEFICIÊNCIA VISUAL .....	49
4.3	RECOMENDAÇÕES PARA A ADAPTAÇÃO DE MATERIAIS POR AUDIODESCRIÇÃO PARA ALUNOS COM DEFICIÊNCIA VISUAL.....	54
<b>5</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>58</b>
<b>6</b>	<b>PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....</b>	<b>60</b>
6.1	PLANO DE AULA CALORIMETRIA E SENSações TÉRMICAS .....	60
<b>7</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>66</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>68</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O conhecimento das ciências da natureza e da matemática tem impacto sobre a visão de mundo do indivíduo, interagindo com interpretações religiosas, comportamentos e costumes, produções artísticas e, também, na relação com as outras ciências. O conhecimento científico construído durante a vida escolar, quando significativo ao indivíduo, pode interferir, por exemplo, nos hábitos alimentares, de higiene, na segurança do trabalho e até mesmo no modo como nos relacionamos em sociedade.

As diferentes percepções do mundo do estudante e suas vivências são trazidas de sua cultura para a sala de aula como conhecimentos prévios, que nem sempre são conciliados com os conhecimentos científicos, neste sentido, é papel do professor relacionar estes conhecimentos de maneira que o estudante desenvolva a capacidade de distinguir, relacionar e compreender o acontecimento do ponto de vista também da ciência e não somente do senso comum.

As tomadas de decisões sobre as situações do dia a dia constituem-se em fatores responsáveis pela formação integral do estudante. O ambiente escolar, o currículo, as metodologias de ensino e a interação entre professores e alunos, entre outros, são os elementos que contribuem para esta formação. Neste contexto, considera-se que a escola é um ambiente de formação e informação que deve possibilitar ao aluno o desenvolvimento de todas as suas capacidades de compreender a realidade e as habilidades para modificá-la.

Considerando-se estes aspectos de formação integral da educação escolar, insere-se a educação inclusiva. A partir da LDB nº 9394/96, a escola passou a receber alunos com deficiência no intuito de possibilitar um maior e melhor desenvolvimento cognitivo e convívio social desses, procurando diminuir o preconceito instalado historicamente na sociedade. Embora há muito tempo já venha se falando no atendimento desses estudantes nas escolas regulares, essas não foram preparadas adequadamente para recebê-los. A grande maioria dos professores não teve em sua formação inicial ou continuada o preparo para lidar com as distintas deficiências apresentadas por esses estudantes.

A educação inclusiva, inspirada na Declaração Mundial de Educação para Todos, defende o acesso de todos à escola mediante a criação de práticas educativas que respeitem as necessidades dos educandos.

Conforme citado anteriormente, um dos aspectos que interferem no processo de inclusão é a formação inicial e continuada do professor para atender adequadamente os estudantes com necessidades em sala de aula. O processo de formação dos professores está

defasado neste sentido, uma vez que a grande maioria dos currículos das licenciaturas traz apenas o estudo da Língua Brasileira de Sinais (LIBRAS) como única disciplina que deveria capacitar o professor a atuar com estudantes que apresentam necessidades educacionais especiais. Pensando na LIBRAS, nem todos os estudantes são surdos, além do fato de que a carga horária da disciplina não torna o professor proficiente nesta linguagem, limitando seu trabalho e sua interação com os estudantes surdos. Assim, outras disciplinas deveriam ser inseridas aos currículos, a fim de que os professores se sintam mais capacitados.

Mesmo entre estudantes que apresentam o mesmo tipo de deficiência, as necessidades educacionais são diferentes, portanto, lida de maneira diferente com sua condição. Para exemplificar, tomamos o caso de um estudante com deficiência visual, há o cego congênito e aquele com cegueira adquirida, e que, por isso, tem memória visual e consegue imaginar formatos de objetos e cores quando solicitado.

O fato de existirem alunos que não se adaptam a um determinado modelo didático ou que possuam deficiências exige que o professor utilize de várias estratégias didáticas, no entanto, nem sempre esse profissional está capacitado para tal.

Considerando que, hoje, cada vez mais escolas têm recebido estudantes com deficiências diversas, volta-se um olhar para o ensino de Física, envolvendo, sobretudo, estudantes cegos. Percebe-se que a utilização de imagens é muito frequente nessa área do conhecimento, seja para ilustrar uma situação, como forma de expressar resultados de simulações, experimentos ou situações problemas.

A frequente utilização de imagens torna difícil o aprendizado dessa ciência por estudantes com deficiência visual, pois, muitas vezes, estes não conseguem perceber detalhes da imagem ou, quando cegos, visualizá-la.

Neste sentido, existe a necessidade de adaptações de materiais para facilitar o processo de ensino-aprendizagem de Física dos alunos com deficiência visual. As adaptações podem se dar através de adaptação de imagens com relevo, escrita Braille ou audiodescrição. Porém, essas adaptações devem se dar de acordo com alguns critérios que são, em sua grande maioria, desconhecidos pelos professores e que, por isso, raramente são utilizadas.

Neste contexto, considera-se que a conversão de registros figurais em material tátil e a utilização da escrita Braille são fundamentais a este processo. O estudante cego precisa dispor de materiais didáticos (livros, apostilas) para serem utilizados em sala ou em casa, garantindo, desta forma, um melhor desempenho frente às atividades a serem desenvolvidas, seja no ambiente escolar ou em outro.

Outra forma de tornar os conteúdos escolares acessíveis aos estudantes cegos é a audiodescrição, sendo que no ambiente escolar pode ser utilizada na realização de experimentos e em filmes/documentários. Porém, materiais com audiodescrição são raros e, na grande maioria das vezes, são restritos a filmes que não atendem aos requisitos da disciplina de Física.

No ambiente escolar existem alguns fatores que dificultam o estudante com deficiência acessar o material didático transcrito em Braille, pois este demora a chegar até a escola, fazendo com que professor e aluno precisem encontrar formas de implementar o processo de ensino e aprendizagem com a adaptação de material de acordo com a necessidade do aluno.

Para Souza e Cunha (2014), as adaptações curriculares para alunos com deficiência correspondem ao conjunto de modificações nos elementos físicos e materiais do ensino, ao tempo e ao preparo do professor para trabalhar com estes estudantes. De acordo com os autores, as adaptações curriculares para estudantes com deficiência precisam ter foco nas formas de ensinar, bem como nos conteúdos a serem ministrados, considerando a temporalidade. Para que os estudantes com deficiência possam participar integralmente em um ambiente rico de oportunidades educacionais com resultados favoráveis, é preciso considerar alguns aspectos, a saber: “preparação e dedicação da equipe e professores; apoio adequado e recursos especializados; adaptações curriculares e de acesso ao currículo.” (SOUZA e CUNHA, 2014, p. 73). A inclusão de estudantes com deficiência no ensino regular promove um ambiente rico pela diversidade social e facilita o desenvolvimento de todos, contudo exige da escola e dos educadores melhor preparação.

A educação inclusiva, inspirada na Declaração Mundial de Educação para Todos, defende o acesso de todos à escola mediante a criação de práticas educativas que respeitem as necessidades dos educandos.

Neste sentido, existe a necessidade urgente de capacitar o professor para atuar com os diferentes tipos de necessidades educacionais especiais. Neste contexto, este trabalho tem como problema de pesquisa: como adaptar materiais de ensino de Física para estudantes com deficiência visual? Entende-se que não há melhor momento para capacitar o professor para esse desafio do que fazê-lo durante a sua formação inicial, também, na formação continuada para os professores que já atuam na escola.

O professor deve ter liberdade para inovar, arriscar e experimentar, não esquecendo o compromisso com a qualidade de ensino. É importante testar a eficiência das

diferentes abordagens didáticas em busca do aperfeiçoamento do processo de ensino aprendizagem.

O desenvolvimento intelectual do estudante com deficiências deve ser objeto de preocupação constante da escola e da família. O aluno deve ser estimulado para que possa evoluir em suas habilidades intelectuais e no seu comportamento adaptativo e social.

## 1.1 OBJETIVOS

Nesta seção serão apresentados os objetivos geral e específico deste trabalho.

### 1.1.1 Objetivo geral

Apresentar uma proposta de adaptação e utilização de materiais instrucionais para a conversão de registros figurais em registros táteis e audiodescrição para a apreensão de noções teóricas de calorimetria para estudante com cegueira adquirida.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- Planejar e elaborar sequências didáticas sobre calorimetria com a inserção de materiais diferenciados voltados aos alunos com cegueira/baixa visão;
- Propor a utilização de materiais instrucionais na forma de registros táteis e audiodescrição para a abordagem dos conceitos de calorimetria com estudantes cegos;
- Disponibilizar materiais adaptados instrucionais na forma de registros táteis e audiodescrição para a abordagem dos conceitos de calorimetria com estudantes cegos.

## 1.2 ESTRUTURA

Buscando alcançar os objetivos propostos, este trabalho está estruturado em 7 capítulos. No primeiro capítulo, apresenta-se a introdução do tema, o problema de pesquisa e a exposição dos objetivos. No segundo capítulo, traz-se a inclusão escolar de alunos com deficiência visual no contexto da educação inclusiva, onde buscou-se abordar alguns recursos normalmente utilizados para o trabalho com alunos deficientes visuais. O terceiro capítulo evidencia-se a Calorimetria, tema que foi utilizado para a elaboração da sequência didática

proposta neste trabalho. O quarto capítulo trata da adaptação de materiais instrucionais para alunos com deficiência visual. Neste capítulo, optou-se por tratar da conversão de registros figurais em registros táteis, seguindo as recomendações da Fundação Catarinense de Educação Especial. Para a audiodescrição foram usadas referências como Franco e Silva, Araújo, Costa e Santana. O quinto capítulo aborda a metodologia utilizada na elaboração deste trabalho. O sexto traz a sequência didática proposta para uma turma de segunda série do ensino médio, que tem um aluno com cegueira adquirida. Buscou-se utilizar experimentos e materiais adaptados para este aluno, mas que pudessem ser utilizados concomitantemente com toda a turma. O sétimo capítulo traz a conclusão do trabalho, seguido pelas referências.

## 2 A EDUCAÇÃO ESCOLAR E A INCLUSÃO ESCOLAR DE ALUNOS COM DEFICIÊNCIA VISUAL

Na década de 1990, o desafio da educação brasileira era a universalização do ensino médio (então 2º grau), buscando ampliar a oferta e o acesso da população menos favorecida a esta etapa de ensino. Para isso, buscou-se construir novas alternativas de organização do currículo, comprometidas com a pessoa humana que se apropriaria desses conhecimentos para se aprimorar no mundo do trabalho, agora globalizado, e na prática social (BRASIL, 2000).

Até então, o ensino era profissionalizante ou propedêutico, ou seja, preparava o estudante para o exercício de uma profissão ou para ingresso no ensino superior, (algo raro para a população menos favorecida no final da década de 1990). Quando os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) foram lançados, a tendência em todos os níveis de ensino era

[...] analisar a realidade segmentada, sem desenvolver a compreensão dos múltiplos conhecimentos que se interpenetram e conformam determinados fenômenos. Para essa visão segmentada contribui o enfoque meramente disciplinar que, na nova proposta de reforma curricular, pretendemos superar pela perspectiva interdisciplinar e pela contextualização dos conhecimentos. (BRASIL, 2000, p. 21).

Buscando tornar a formação escolar básica mais significativa ao estudante, que nem sempre irá cursar o ensino superior, os PCNs buscaram organizar as disciplinas em áreas de conhecimento, tendo em vista que as situações cotidianas não podem ser compreendidas sob o ponto de vista de uma disciplina. O objetivo era a interdisciplinaridade, estabelecendo interconexões e passagens entre os conhecimentos através de relações de complementaridade, convergência ou divergência. A organização em três áreas – Linguagens, Códigos e suas Tecnologias; Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias e Ciências Humanas e suas Tecnologias – baseou-se na reunião de conhecimentos que compartilham objetos de estudo, assegurando o desenvolvimento interdisciplinar do processo de ensino e aprendizagem. A nova proposta de organização do currículo por áreas de conhecimento buscou selecionar e integrar os conteúdos considerados válidos para o desenvolvimento da pessoa e para o incremento da participação social (BRASIL, 2000, p. 18).

A reforma curricular proposta pelos PCNs pretendia trazer ao estudante um aprendizado útil à vida e ao trabalho, possibilitando a sua atuação plena como cidadão, sem ser profissionalizante. Nos PCNs,

Os objetivos explicitamente atribuídos à área de Ciências e Matemática incluem compreender as Ciências da Natureza como construções humanas e a relação entre conhecimento científico tecnológico e a vida social e produtiva; objetivos usualmente restritos ao aprendizado das Ciências Humanas. Igualmente, à área de Linguagens e Códigos se atribuem objetivos comuns com as Ciências da Natureza e Matemática. (PCNs. Ciências da Natureza Matemática e suas Tecnologias, 2000, p. 11).

O compromisso do ensino destas ciências é colaborar na formação intelectual e emocional dos educandos para a atuação consciente no mundo, capacitando-os para compreender questões científicas, tecnológicas, ambientais e sociais, envolvendo a comunidade escolar em projetos educacionais, voltados para a compreensão e a participação em questões globais e do entorno social (BRASIL, 2015).

Um novo cenário para o ensino médio brasileiro está posto, a nova legislação para a etapa final de educação básica cria uma estrutura diferenciada, sendo que o currículo da educação pública brasileira tem uma nova organização. Segundo a atualização da LDB nº 9394/96, realizada pela Lei nº 13415/2017, o currículo do ensino médio será composto pela Base Nacional Comum Curricular (cuja carga horária não poderá ser superior a mil e oitocentas horas do total da carga horária do ensino médio) e por itinerários formativos, oferecidos por meio de diferentes arranjos curriculares, definidos como: I – linguagens e suas tecnologias; II – matemática e suas tecnologias; III – ciências da natureza e suas tecnologias; IV – ciências humanas e sociais aplicadas; e V – formação técnica e profissional. Neste contexto, o ensino de Física se relaciona com o terceiro itinerário formativo.

A Física é construção histórica da humanidade, construída de forma coletiva e progressiva, ora aprimorando teorias, ora refutando-as, assim como as demais ciências. A abordagem do conhecimento físico deve ser realizada de modo que este seja estudado em seu contexto histórico, social e cultural, suas implicações de natureza política, econômica e ética. É importante fazer com que o aluno perceba que o conhecimento físico se desenvolveu buscando atender às demandas da humanidade no que tange ao desenvolvimento de tecnologias para atender à melhora da produção industrial ou mesmo a necessidade de explicar fenômenos cotidianos (BRASIL, 2015).

De acordo com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), os conceitos físicos devem ser estudados utilizando problemáticas reais, de modo a ter significado para o aluno, tornando-se uma ferramenta de participação na sociedade. Neste sentido, é preciso modificar o modo como a sociedade entende o ensino de Física, caracterizado pela realização de cálculos aparentemente sem relação alguma com a realidade do aluno. É preciso utilizar o

ensino de Física para inserir o aluno na sociedade, possibilitando sua efetiva interação social e capacitando-o para intervir no ambiente ao seu redor.

Os conceitos e modelos da Física nos ajudam a descrever e a interpretar o mundo à nossa volta, sejam sistemas naturais ou equipamentos tecnológicos. Como corpo organizado de conhecimentos, a Física representa uma maneira de dialogar com o mundo, uma forma de “olhar o real”, que apresenta características peculiares, como a proposição de representações, modelos, leis e teorias com alto grau de abstração, sofisticação, consistência e coerência internas; o uso de metodologias e de linguagem próprias; a busca de relações de causa e de efeito. Esse conhecimento conceitual, que constitui um dos eixos formativos no aprendizado da Física, ao lado dos conhecimentos da Química e da Biologia, representa uma grande conquista da humanidade, cujo direito à aprendizagem deve estar garantido ao longo do processo de escolarização de crianças, jovens e adultos. (BRASIL, 2016, p. 143-144).

Assim, na abordagem dos conceitos que envolvem as ciências da natureza, torna-se importante utilizar várias estratégias de ensino e materiais didáticos instrucionais que podem auxiliar o professor no processo de ensino e o estudante no processo de aprendizagem. Vários são os recursos que se pode inserir nas aulas, por exemplo, o lúdico, os recursos tecnológicos e tecnologias de informação e comunicação, jogos, brinquedos, modelos, entre outros.

A utilização de exemplos do contexto e de situações reais é fundamental para a aprendizagem do estudante e com o que possui deficiência visual não é diferente, aliás, é de extrema importância que isso ocorra. O processo de compreensão do estudante pode ser facilitado quando o desenvolvimento do conceito está relacionado às suas experiências diárias, tornando o aprendizado significativo.

Quando se trata de estudantes com necessidades educacionais especiais (NEE), Souza e Cunha (2014, p.74) apontam algumas características que facilitam o atendimento:

- flexibilidade - não obrigatoriedade que todos os alunos aprendam em tempo determinado;
- acomodação - contemplar os alunos com NEE nas atividades;
- trabalho simultâneo, cooperativo e participativo – os alunos com NEE participam das atividades sem a mesma intensidade.

Neste sentido, o desenvolvimento de sistemas de ensino inclusivos requer a implementação de ações pedagógicas capazes de atender as peculiaridades humanas.

A Lei de Diretrizes e Bases (LDB) n.º 9394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional preconiza em seu artigo 3.º que o ensino será ministrado com base nos seguintes princípios:

- I - igualdade de condições para o acesso e permanência na escola;

- II - liberdade de aprender, ensinar, pesquisar e divulgar a cultura, o pensamento, a arte e o saber;
- III - pluralismo de idéias e de concepções pedagógicas;
- IV - respeito à liberdade e apreço à tolerância;
- V - coexistência de instituições públicas e privadas de ensino;
- VI - gratuidade do ensino público em estabelecimentos oficiais;
- VII - valorização do profissional da educação escolar;
- VIII - gestão democrática do ensino público, na forma desta Lei e da legislação dos sistemas de ensino;
- IX - garantia de padrão de qualidade;
- X - valorização da experiência extra-escolar;
- XI - vinculação entre a educação escolar, o trabalho e as práticas sociais.
- XII - consideração com a diversidade étnico-racial. (BRASIL, 1996).

Assim, pode-se observar que no primeiro inciso há uma referência à diversidade e ao atendimento de alunos com deficiências.

Embora a educação inclusiva seja um tema já trabalhado há mais de uma década, ainda são raras as produções científicas relacionadas ao assunto, principalmente no que diz respeito ao ensino de ciências da natureza para alunos com deficiência. Há estudos que discutem aspectos como a ausência de experimentação, a matematização excessiva, despreparo docente e a carência de recursos adequados como fatores que tendem a dificultar a aprendizagem de alunos com deficiência. Costa, Neves e Barone (2006, p. 149) apontam algumas das dificuldades encontradas por professores para trabalhar com estudantes deficientes visuais durante o processo de ensino e aprendizagem:

A falta de recursos didáticos adequados, a exclusão tecnológica, a ausência da experimentação na escolarização do deficiente visual, a didática baseada exclusivamente no visual, a evasão escolar, o despreparo docente para o ensino dos deficientes visuais, a escassez de pesquisas sobre o ensino de Física e das Ciências em geral para pessoas com deficiência visual são fatores que concorrem para a manutenção da situação atual dessa modalidade de ensino. Todos esses fatores ajudam a reduzir consideravelmente a possibilidade de promoção/aperfeiçoamento do entendimento da Ciência na escola.

Na grande maioria das escolas faltam aos estudantes com deficiência recursos didáticos adaptados, acessibilidade arquitetônica, professores habilitados e monitoria especial. E mesmo naquelas escolas em que existe a disponibilidade de alguns destes itens, a dificuldade ainda se presentifica, pois raramente se têm professores especialistas nas disciplinas que tenham algum preparo para lidar com alunos portadores de necessidades especiais.

Para Rosinke (2007, p. 27) “a escola deve contribuir favorecendo as relações sociais que podem ocorrer, não somente em seu interior, mas além de seus ‘muros’, visando à troca de experiências entre os sujeitos”.

A formação dos professores deve ser permanente e deve favorecer uma ampla formação cultural, para que, assim, possam redimensionar o seu olhar sobre as suas práticas e seus alunos.

“A deficiência visual não limita a capacidade de aprendizado, portanto, não se deve ter uma baixa expectativa em relação a eles. As estratégias, recursos, procedimentos e instrumentos de avaliação utilizados no processo de aprendizagem é que devem ser adequados às condições visuais do estudante.” (SÁ, 2011, p. 113).

A inclusão escolar traz um desafio aos educadores: ensinar ao mesmo tempo pessoas que aprendem de forma diferente. Na realidade todas as pessoas aprendem de forma diferente, mas o sistema escolar tende a homogeneizar os estudantes. Este processo perde força quando a escola inclui um aluno cego por exemplo. Neste contexto a escola pode ignorar o aluno cego, o que ocorre em alguns casos, ou modificar sua proposta de ensino para que o aluno tenha condições de acompanhar a aula e aprender. (COZENDEY e COSTA, 2016, p. 2).

Algumas atividades pedagógicas devem ser adaptadas com antecedência, e outras durante sua realização, por meio de descrição, informação tátil, auditiva, olfativa e qualquer outra referência que favoreça a configuração do ambiente e possibilite ao estudante com deficiência o acesso ao conhecimento. “Os esquemas, símbolos e diagramas presentes nas diversas disciplinas devem ser descritos oralmente. Os desenhos, gráficos e ilustrações devem ser adaptados e representados em relevo.” (SÁ, 2011, p. 113). A autora, também, recomenda a apresentação de um resumo ou a contextualização da atividade programada para os alunos com deficiência visual. Além disso,

Um fato que deve ser considerado na aprendizagem de um aluno cego ou portador de deficiência visual é o tempo necessário para que o aluno colete e processe a informação. A aquisição visual de um conceito é relativamente rápida quando comparada com outros métodos. Métodos táteis ou auditivos demandam tempo e possuem limitações. Ao aprender sobre algo novo, o estudante cego deve ter tempo para explorar todas as partes do objeto. (AZEVEDO e SANTOS, 2014, p. 4402-4).

É necessário salientar que há diferenças entre a percepção e o processamento de informações adquiridas pelo tato daquelas adquiridas pela visão. Adquirir informações por meio do tato é um processo mais demorado que a aquisição de informações por meio da visão, além de requerer um cunho sequencial, o que exige mais da memória de trabalho.

Finalizado este breve estudo relacionado com as ciências da natureza, na próxima seção, apresenta-se as características da deficiência visual, tema deste trabalho de conclusão de curso.

## 2.1 A DEFICIÊNCIA VISUAL

Para a realização de atividades adaptadas com materiais didáticos para estudantes com deficiência visual, torna-se importante conhecer um pouco mais sobre esta deficiência.

O último Censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), de 2010, apontou que no Brasil há 45,6 milhões de pessoas com deficiência, ou seja, 23,9% da população brasileira. Desses, mais de 37 milhões possuem algum tipo de deficiência visual.

No Brasil, a deficiência visual é definida pelo inciso III do artigo 4º do Decreto nº 3298, de 20 de dezembro de 1999:

III - deficiência visual - cegueira, na qual a acuidade visual é igual ou menor que 0,05 no melhor olho, com a melhor correção óptica; a baixa visão, que significa acuidade visual entre 0,3 e 0,05 no melhor olho, com a melhor correção óptica; os casos nos quais a somatória da medida do campo visual em ambos os olhos for igual ou menor que 60º; ou a ocorrência simultânea de quaisquer das condições anteriores; (BRASIL, 1999).

De acordo com Sá, Campos e Silva (2007), a acuidade visual é a distância de um ponto a outro em uma linha reta por meio da qual um objeto é visto. Assim, uma acuidade visual de 0,05 indica que a pessoa vê a 5 metros o que alguém com visão normal consegue enxergar a 100 metros de distância. Já o campo visual é a amplitude e a abrangência do ângulo da visão em que os objetos são focalizados. Os mesmos autores definem a baixa visão (ambliopia, visão subnormal ou visão residual). A definição desta é complexa, pois engloba desde a percepção de luz, até a redução da acuidade ou do campo visual que limitam ou interferem na execução de tarefas e no desempenho geral. “É, pois, muito importante estabelecer uma relação entre a mensuração e o uso prático da visão, uma vez que mais de 70% das crianças identificadas como legalmente cegas possuem alguma visão útil”. (SÁ, CAMPOS e SILVA, 2007, p. 16).

De acordo com a Sociedade Brasileira de Oftalmologia, as alterações na visão podem ter causas diversas: imaturidade da retina por parto prematuro, hipóxia, anoxia e outros problemas perinatais, glaucoma, catarata, degenerações ou descolamento da retina, ou por doenças como diabetes ou hereditárias, ou acidentes, principalmente de trânsito e no trabalho. Cada uma destas condições leva a diferentes efeitos na visão da pessoa, dificultando suas atividades pessoais.

As pessoas com baixa visão podem ter auxílio óptico, como óculos, lentes corretivas, lupas; ou não ópticos, como textos com caracteres ampliados ou utilização de

leitores de tela e softwares ampliadores. A identificação do tipo de deficiência visual pode facilitar a elaboração de atividades adaptadas para os estudantes.

Conhecer o desenvolvimento global do aluno, o diagnóstico, a avaliação funcional da visão, o contexto familiar e social, bem como as alternativas e os recursos disponíveis, facilitam o planejamento de atividades e a organização do trabalho pedagógico. (SÁ, CAMPOS e SILVA, 2007, p. 18).

A educação do deficiente visual necessita de professores especializados nesta área, métodos e técnicas específicas de trabalho, instalações e equipamentos especiais, bem como adaptações curriculares, de acordo com as necessidades do estudante atendido. Assim,

Para que o aprendizado seja completo e significativo é importante possibilitar a coleta de informação por meio dos sentidos remanescentes. A audição, o tato, o paladar e o olfato são importantes canais ou porta de entrada de dados e informações que serão levados ao cérebro. Lembramos que se torna necessário criar um ambiente que privilegia a convivência e a interação com diversos meios de acesso à leitura, à escrita e aos conteúdos escolares em geral. (SÁ, CAMPOS e SILVA, 2007, p. 22).

Em Santa Catarina, o aluno matriculado na educação básica pode frequentar também o Serviço de Atendimento Educacional Especializado (SAEDE) no turno oposto ao que estuda na educação regular.

O Decreto Federal nº 7611/2011 estabelece em seu segundo artigo:

Art. 2º A educação especial deve garantir os serviços de apoio especializado voltado a eliminar as barreiras que possam obstruir o processo de escolarização de estudantes com deficiência, transtornos globais do desenvolvimento e altas habilidades ou superdotação.

§ 1º Para fins deste Decreto, os serviços de que trata o **caput** serão denominados atendimento educacional especializado, compreendido como o conjunto de atividades, recursos de acessibilidade e pedagógicos organizados institucional e continuamente, prestado das seguintes formas:

I - complementar à formação dos estudantes com deficiência, transtornos globais do desenvolvimento, como apoio permanente e limitado no tempo e na frequência dos estudantes às salas de recursos multifuncionais; ou

II - suplementar à formação de estudantes com altas habilidades ou superdotação.

§ 2º O atendimento educacional especializado deve integrar a proposta pedagógica da escola, envolver a participação da família para garantir pleno acesso e participação dos estudantes, atender às necessidades específicas das pessoas público-alvo da educação especial, e ser realizado em articulação com as demais políticas públicas. (BRASIL, 2011).

O mesmo decreto estabelece em seu artigo 3º os objetivos do atendimento educacional especializado:

I - prover condições de acesso, participação e aprendizagem no ensino regular e garantir serviços de apoio especializados de acordo com as necessidades individuais dos estudantes;

II - garantir a transversalidade das ações da educação especial no ensino regular;

- III - fomentar o desenvolvimento de recursos didáticos e pedagógicos que eliminem as barreiras no processo de ensino e aprendizagem; e
- IV - assegurar condições para a continuidade de estudos nos demais níveis, etapas e modalidades de ensino. (BRASIL, 2011).

O atendimento educacional especializado visa garantir aos alunos com deficiência complementação ou suplementação da formação escolar, de modo transversal aos níveis de ensino para que o estudante possa continuar seu percurso escolar.

A aprendizagem nos diferentes níveis de ensino não se constitui apenas mediante apoio material e tecnológico, mas depende de muitos outros fatores que vão muito além do suporte material. O apoio familiar é extremamente importante para que a pessoa com deficiência visual possa desenvolver todo o seu potencial. Este apoio nem sempre ocorre, principalmente nas classes de renda mais baixa, onde o deficiente é, muitas vezes, isolado em casa e segue dependente de outra pessoa por toda a vida.

A sociedade também precisa fazer sua parte, procurando auxiliar o deficiente em suas necessidades e na implementação de políticas públicas voltadas à melhoria da qualidade de vida das pessoas nessas condições. Quando cada um contribui com uma pequena parcela de esforço, todos saem ganhando.

Considerando que o estudante com deficiência visual grave necessita ser alfabetizado com a utilização de um código que não é o do nosso alfabeto, na próxima seção, apresentar-se-á este código, denominado Braille.

## 2.2 O SISTEMA BRAILLE

O sistema Braille é o mais conhecido código ou meio de leitura e escrita de pessoas cegas. Criado por Louis Braille, em 1825, é baseado na combinação de 66 pontos que representam letras, números e outros símbolos gráficos (SÁ, 2011, p. 115). Segundo Sá, Campos e Silva (2007, p. 22), “a combinação dos pontos é obtida pela disposição de seis pontos básicos, organizados espacialmente em duas colunas verticais com três pontos à direita e três à esquerda de uma cela básica denominada cela braile”.

Para escrever no sistema Braille, é necessário utilizar uma reglete com punção (figura 1) ou uma máquina de escrever em Braille ou máquina Perkins (figura 2).

Figura 1 – Kit reglete, prancheta e punção



Fonte: Disponível em: <[http://produto.mercadolivre.com.br/MLB-754219586-kit-reglete-prancheta-punco-preendedor-de-papel-\\_JM](http://produto.mercadolivre.com.br/MLB-754219586-kit-reglete-prancheta-punco-preendedor-de-papel-_JM)>. Acesso em: 05 jan. 2017.

A reglete é uma régua de material rígido (metal, plástico ou madeira) com um conjunto de celas Braille dispostas em linhas horizontais sobre uma base plana. Punção é o instrumento utilizado para perfuração dos pontos na cela Braille. A perfuração do papel é realizada da direita para a esquerda, para produzir a escrita em relevo de forma não espelhada, porém a leitura é realizada da esquerda para a direita. De acordo com Sá (2011, p. 115), este processo de escrita é lento, exige boa coordenação motora e dificulta a correção de erros.

Figura 2 - Máquina de escrever Braille ou máquina Perkins



Fonte: Disponível em: <<http://www.civiam.com.br/civiam/index.php/necessidadesespeciais/equipamentos-para-impressao-braille/maquina-de-escrever-braille/maquina-de-escrever-braille-perkins-brailleur.html#>>>. Acesso em: 05 jan. 2017.

A máquina de escrever Braille (figura 2) tem seis teclas básicas que correspondem aos pontos da cela Braille. Ao pressionar simultaneamente as teclas, produzem-se os pontos que correspondem aos sinais e símbolos desejados. A máquina de escrever é um mecanismo mais rápido e prático para escrever utilizando o Braille.

A escrita em relevo e a leitura tátil baseiam-se em componentes específicos no que diz respeito ao movimento das mãos, mudança de linha, adequação da postura e manuseio do papel. Esse processo requer o desenvolvimento de habilidades do tato que envolvem conceitos espaciais e numéricos, sensibilidade, destreza motora, coordenação bimanual, discriminação, dentre outros aspectos. Por isso, o aprendizado do sistema Braille deve ser realizado em condições adequadas, de forma simultânea e complementar ao processo de alfabetização dos alunos cegos. (SÁ, CAMPOS e SILVA, 2007, p. 24).

Existem ainda os meios informatizados que ampliam as possibilidades de impressão em Braille, como impressoras e softwares específicos, porém estes têm um custo elevado e não estão disponíveis na maioria das escolas brasileiras.

O conhecimento e domínio do sistema Braille é recomendável para os professores da educação básica, principalmente aqueles que têm alunos com deficiência visual. Este conhecimento facilita a comunicação entre professor e aluno, melhorando o processo de ensino e aprendizagem. Infelizmente, no Brasil, o domínio do sistema Braille por parte dos professores é inexpressivo.

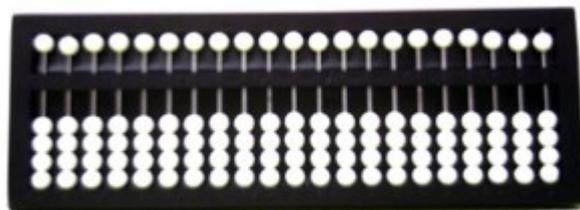
Figura 3 - Disposição universal dos 63 sinais simples do sistema Braille

1ª série - série superior - utiliza os pontos superiores 1245	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
2ª série é resultante da adição do ponto 3 a cada um dos sinais da 1ª série	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t
3ª série é resultante da adição do pontos 3 e 6 aos sinais da 1ª série	u	v	x	y	z	ç	é	á	è	ú
4ª série é resultante da adição do ponto 6 aos sinais da 1ª série	â	ê	ì	ô	ù	à	ñ/î	ü	õ	ò/w
5ª série é formada pelos sinais da 1ª série posicionados na parte inferior da cela	,	;	:	Sinal Divisão	?	!	=	" "	*	o (grau)
6ª série é formada com a combinação dos pontos 3456	í	ã	ó	Sinal de Alg.	Ponto Final ou Apóstrofo	=	(hífen)			
7ª série é formada por sinais que utilizam os pontos da coluna direita da cela (456)	(4)	(45)	Barra Vertical	(5)	Sinal de Máscula	\$	(6)			

Fonte: Sá, Campos e Silva (2007, p. 23).

Para a realização de cálculos, os deficientes visuais se utilizam de um contador mecânico de origem japonesa, adaptado pelo brasileiro Joaquim Lima de Moraes, conhecido como soroban. O modelo de soroban mais utilizado no Brasil é composto por 21 eixos e 7 classes, no entanto existem equipamentos com 13 ou 27 eixos. O soroban é um calculador mecânico, manual, com uma régua na horizontal (régua de numeração) que o divide em duas partes. Na régua de numeração são encontrados os sinais que indicam a separação de classes. Cada eixo contém cinco contas, quatro na parte inferior (com valor 1) e uma na parte superior (com valor 5). Nos eixos existe também uma borracha compressora, que tem a função de fazer com que as contas só sejam movimentadas pela manipulação do operador. Existem várias técnicas para a utilização do soroban, porém elas não serão abordadas neste trabalho. A figura 4 ilustra o soroban.

Figura 4 - Soroban



Fonte: Disponível em: <[http://www.civiam.com.br/blog/wp-content/uploads/2014/09/sorob\\_.jpg](http://www.civiam.com.br/blog/wp-content/uploads/2014/09/sorob_.jpg)>. Acesso em: 05 jan. 2017.

Existem programas leitores de tela, com síntese de voz, e outros softwares operados por meio de comando de teclado, que possibilitam a utilização de computadores pelos deficientes visuais.

A construção de sistemas de ensino realmente inclusivos requer a implementação de ações que subsidiem práticas pedagógicas capazes de atender às necessidades dos alunos. Estas ações devem possibilitar a aquisição e o desenvolvimento de habilidades e competências com vistas à formação acadêmica, pessoal e profissional dos alunos. As linguagens e recursos utilizados com vistas a atingir estes objetivos devem ser adequados às áreas de conhecimento trabalhadas.

Considerando que o tema a ser abordado com a utilização de materiais adaptados para estudantes com deficiência visual será calorimetria, tema este que constitui o currículo de Física do segundo ano do ensino médio, na próxima seção far-se-á um estudo deste, conforme se aborda no ensino médio.

### 3 CALORIMETRIA

Neste capítulo serão expostos os conceitos físicos relacionados à calorimetria, bem como um breve apanhado histórico do tema.

A vida moderna precisa, cada vez mais, de energia para movimentar indústrias, iluminar residências e escritórios, para o funcionamento dos meios de transporte e comunicação ou mesmo para o lazer. Energia é sinônimo de conforto e isso sem falar na energia que nosso corpo precisa para manter a vida e toda a sua atividade.

Transformações físicas e químicas são acompanhadas por liberação ou absorção de calor. Sabe-se, por exemplo, que se precisa fornecer calor (energia) para que a água se aqueça e vaporize, e que, no sentido contrário, quando a água condensa ocorre a liberação de calor (energia) que havia recebido anteriormente.

A energia térmica do vapor de água, por exemplo, era a energia utilizada nas antigas locomotivas a vapor, e, em nossos dias, essa energia é empregada para movimentar navios ou para acionar turbinas em usinas termoelétricas. Grande parte da energia elétrica utilizada pela humanidade é produzida através da energia térmica.

Para o estudo dos fenômenos térmicos (sobre calor e temperatura, por exemplo) foi necessário o desenvolvimento de teorias científicas, bem como de instrumentos de medida para estas grandezas. Esses estudos deram origem ao ramo da Física que recebe o nome de Calorimetria.

“Calorimetria é o estudo e a medição das quantidades de calor liberadas ou absorvidas durante os fenômenos físicos e/ou químicos.” (FELTRE, 2004, p. 96). A calorimetria está associada à Física Térmica, ramo da Física que trata das mudanças nas propriedades dos sistemas envolvendo a energia térmica.

A calorimetria está relacionada aos conceitos de temperatura e equilíbrio térmico, temas abordados na próxima seção.

#### 3.1 TEMPERATURA E ESCALAS TERMOMÉTRICAS

Quente, frio, morno e gelado expressam sensações térmicas. Pelo tato, por exemplo, sensores térmicos da pele podem perceber variações térmicas. Para saber se uma pessoa está com febre, pode-se encostar a mão no rosto da pessoa e perceber apenas se ela está mais quente que outra. Isso é vago e os sentidos podem enganar esta sensação, pois o ambiente ou mesmo os objetos manuseados podem dificultar a sensação de temperatura pela

pele. Então, para reconhecer que realmente alguém está com febre, é preciso definir uma escala de medida de temperatura e utilizar um instrumento para medi-la.

De acordo com Young e Freedman (2015, p. 199),

muitas propriedades da *matéria* que podemos medir – inclusive o comprimento de uma barra metálica, a pressão de vapor em uma caldeira, a intensidade da corrente elétrica transportada por um fio e a cor de um objeto incandescente muito quente – dependem da temperatura.

Assim, para medir temperatura se pode utilizar qualquer propriedade do sistema que dependa do fato de ele estar “quente” ou “frio”. (YOUNG e FREEDMAN, 2015, p. 199).

Sabe-se que os corpos são formados por pequenas partículas, chamadas de átomos. De modo geral, verificou-se que quanto maior for o nível de agitação dessas partículas em um corpo, maior será a quantidade de energia térmica relacionada a ele. A essa propriedade da matéria foi associada à grandeza denominada temperatura.

No estudo da temperatura, estabeleceu-se que o mais baixo estado térmico seria aquele em que as partículas do corpo possuísem um valor mínimo para energia total (energia cinética + energia potencial), denominado “zero absoluto” de temperatura. Porém não é correto dizer que todo movimento cessa neste estado por causa dos efeitos quânticos. Com base nessa ideia, criou-se a escala de temperaturas absolutas para expressar os estados térmicos associados aos níveis de agitação das partículas nos corpos. Para Young e Freedman (2015, p. 202),

Quando calibramos dois termômetros – por exemplo, um termômetro com líquido no interior de um bulbo e um termômetro de resistência - fazendo as duas leituras coincidirem em  $0^{\circ}\text{C}$  e em  $100^{\circ}\text{C}$ , as leituras podem não coincidir precisamente nas temperaturas intermediárias. Qualquer escala de temperatura definida desse modo sempre depende em parte das propriedades específicas dos materiais usados. Idealmente seria preciso definir uma escala de temperatura que *não* dependesse das propriedades de um material específico. [...] Discutiremos o termômetro de gás a volume constante, um tipo de termômetro que apresenta comportamento próximo do ideal.

O termômetro de gás ilustrado na figura 5 foi construído a partir da observação de que a pressão de um gás mantido a volume constante aumenta com o aumento da temperatura. Um gás é colocado dentro de um recipiente e mantido a volume constante. Sua pressão é medida por um manômetro.

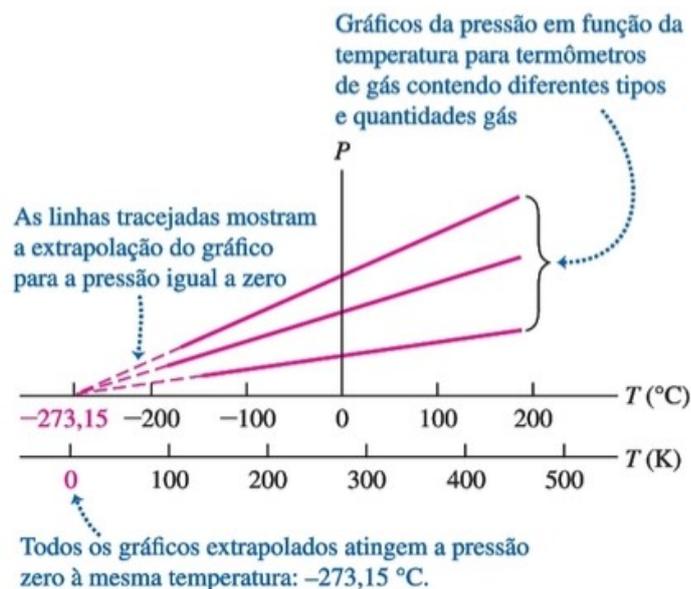
Figura 5 - Termômetro de gás a volume constante



Fonte: Young e Freedman (2015, p. 202).

O processo de calibração de um termômetro é realizado a partir da medida da pressão em duas temperaturas diferentes, marca-se esses pontos em um gráfico e desenha-se uma linha reta ligando os pontos. O gráfico da figura 6 possibilita a leitura da temperatura correspondente a qualquer outra pressão.

Figura 6 - Gráficos de pressão versus temperatura a volume constante para três tipos e quantidades diferentes de gás



Fonte: Young e Freedman (2015, p. 202).

Extrapolando esse gráfico, vemos que deve existir uma temperatura hipotética igual a  $-273,15^{\circ}\text{C}$ , em que a pressão absoluta do gás deveria ser igual a zero. Verifica-se que essa temperatura é sempre a *mesma* para qualquer tipo de gás (pelo menos no limite de densidades muito pequenas). Na verdade, é impossível observar esse ponto de pressão igual a zero. Os gases se liquefazem e depois se solidificam à medida que a temperatura atinge valores muito pequenos, e a proporcionalidade entre pressão e temperatura deixa de ser válida. (YOUNG e FREEDMAN, 2015, p. 203).

Utilizamos essa temperatura extrapolada para uma pressão igual a zero como base para definir uma escala cujo zero corresponde a essa temperatura. Essa escala é chamada **escala Kelvin de temperatura**, em homenagem ao físico inglês Willian Thomson, homenageado com o título de Lord Kelvin. Nesta escala, as unidades são as mesmas que as da escala Celsius (os graus têm o mesmo tamanho), porém o zero é deslocado, o que resulta em  $0\text{ K} = -273,15^{\circ}\text{C}$ .

Cientificamente, a escala termométrica absoluta universalmente adotada é a escala *Kelvin* (K). Esta escala é baseada no reconhecimento de que não há um limite superior para a temperatura de um sistema, porém existe um limite de quão baixa a temperatura pode ser. O zero absoluto de temperatura é definido como sendo zero na escala Kelvin, que mede as temperaturas acima deste limite inferior absoluto. No cotidiano, é comum se utilizar outras escalas, como Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ) e Fahrenheit ( $^{\circ}\text{F}$ ).

Em 1742, Anders Celsius elaborou a escala Celsius. Essa escala foi, originalmente, baseada em dois pontos de calibração: o ponto de congelamento normal da água ( $0^{\circ}\text{C}$ ) e o ponto de ebulição normal da água ( $100^{\circ}\text{C}$ ) medidos a 1 atm de pressão. Estes dois pontos eram utilizados para calibrar termômetros e as outras temperaturas podiam, então, ser deduzidas por interpolação ou extrapolação. “Atualmente, estes dois pontos não são mais utilizados para definir a escala Celsius; em vez disso, utiliza-se a definição de uma temperatura ( $T_C$ ) na escala Celsius em termos da temperatura Kelvin correspondente ( $T$ ), através da equação:  $T_C = T - 273,15$ .” (RESNICK, HALLIDAY e KRANE, 2003, p. 208).

Em relação à escala Fahrenheit, Guimarães, Piqueira e Carron relatam que:

A escala Fahrenheit foi construída em 1727 por Daniel G. Fahrenheit (1686-1736). Diferentemente de Celsius, ele utilizou como primeiro ponto fixo uma mistura frigorífica de água, gelo e um tipo de sal e atribuiu a ela o valor 0, e ao segundo ponto fixo, a temperatura do corpo humano, ele atribuiu o valor 96. (GUIMARÃES, PIQUEIRA e CARRON, 2013, p. 17).

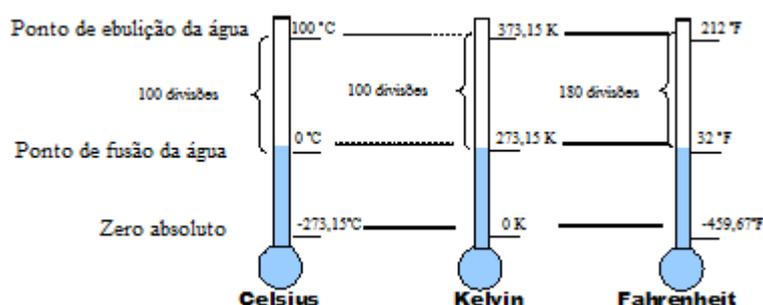
A escala Fahrenheit também pode ser definida com a utilização de dois pontos de calibração:  $32^{\circ}\text{F}$  para o ponto de congelamento da água e  $212^{\circ}\text{F}$  para o ponto de ebulição normal da água. A relação entre as escalas Celsius e Fahrenheit é dada por:

$$T_F = \frac{9}{5}T_C + 32 \quad (1)$$

Assim, para calibrar ou graduar um termômetro em que a grandeza termométrica é a altura da coluna de um líquido (geralmente utiliza-se mercúrio ou álcool), coloca-se o instrumento em contato com gelo em fusão e mede-se a altura atingida pelo líquido. Associa-se, então, um valor numérico a esta altura. Repete-se o procedimento com a água em ebulição. Estas medidas servem de referência para a calibração ou graduação do termômetro. Definidos estes dois valores, divide-se o intervalo entre eles em um número de partes menores e iguais denominada de escala, cada uma dessas partes é chamada de *grau*.

Quando se deseja saber qual é a temperatura de um corpo, coloca-se em contato com ele um termômetro e se espera certo tempo até que ele esteja em equilíbrio térmico com o corpo, ou seja, um estado em que a interação entre o termômetro e o corpo faz com que não exista mais nenhuma variação de temperatura entre eles. Neste caso, o termômetro e o corpo terão a mesma temperatura, sendo possível realizar sua aferição. Os termômetros podem ser construídos em diferentes escalas, conforme citado anteriormente, as mais utilizadas são as denominadas de Celsius, Kelvin e Fahrenheit. A figura 7 ilustra essas escalas e suas respectivas escalas.

Figura 7 - Comparação das escalas de temperatura Celsius, Kelvin e Fahrenheit



Fonte: Adaptado de: <<http://profeluisfisicoquimica.blogspot.com.br/>>. Acesso em: 10 mar. 2017.

Quando dois sistemas estão em equilíbrio térmico, diz-se que eles têm a mesma *temperatura*. Segundo Resnick, Halliday e Krane (2003, p. 207), a lei zero da termodinâmica define a temperatura do seguinte modo: “Existe uma grandeza escalar chamada de temperatura, que é uma propriedade de todos os sistemas termodinâmicos em equilíbrio. Dois sistemas estão em equilíbrio térmico se e somente se as suas temperaturas são iguais.”

No entanto, dois sistemas podem estar separados por um material isolante, “um isolante ideal é um material que impede qualquer tipo de interação entre os dois sistemas”.

(YOUNG e FREEDMAN, 2015, p. 199). São exemplos de materiais isolantes, o isopor, a madeira, entre outros. Neste caso, a influência da temperatura de um sobre o outro é muito lenta. Uma caixa térmica, por exemplo, é um isolante real, pois seu conteúdo acabará entrando em equilíbrio térmico com o meio após algum tempo. Ao se referenciar a troca de temperatura entre corpos, destaca-se o equilíbrio térmico, tema da próxima seção.

### 3.2 EQUILÍBRIO TÉRMICO

Equilíbrio térmico é um conceito importante no estudo da calorimetria, pois é utilizado para explicar o funcionamento de um termômetro e os processos de troca de calor. Conforme visto na seção anterior, a temperatura de um corpo é a medida do grau de agitação de suas partículas. Essa agitação é influenciada por um tipo de energia, a energia térmica, que pode ser transmitida entre os corpos ou entre um corpo e o ambiente, alterando sua temperatura. Para Young e Freedman (2015, p. 210-211),

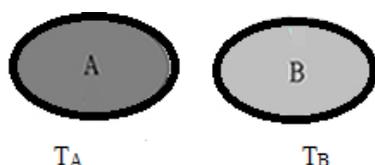
a interação que produz essa variação de temperatura é basicamente uma transferência de energia entre uma substância e a outra. A transferência de energia produzida apenas por uma diferença de temperatura denomina-se *transferência de calor* ou *fluxo de calor*, e a energia transferida desse modo denomina-se **calor**.

Como a energia não pode ser criada e nem destruída, ela será cedida por um corpo e absorvida pelo outro, alterando o grau de agitação desses corpos ou do corpo e do ambiente onde ele está. Quando um corpo cede certa quantidade de energia térmica, sua temperatura diminuirá, indicando uma diminuição no grau de agitação de duas partículas.

Quanto maior a diferença de temperatura entre dois corpos ou entre um corpo e o ambiente, maior será o fluxo de energia entre eles. As trocas de energia ocorrem até que os corpos atinjam a temperatura de equilíbrio, ou seja, o equilíbrio térmico.

A figura 8 mostra dois sistemas A e B, isolados um do outro e de suas vizinhanças por um isolante ideal, de modo que nem matéria e nem energia podem entrar ou sair dos sistemas.

Figura 8 – Os sistemas A e B estão isolados e possuem diferentes temperaturas  $T_A$  e  $T_B$



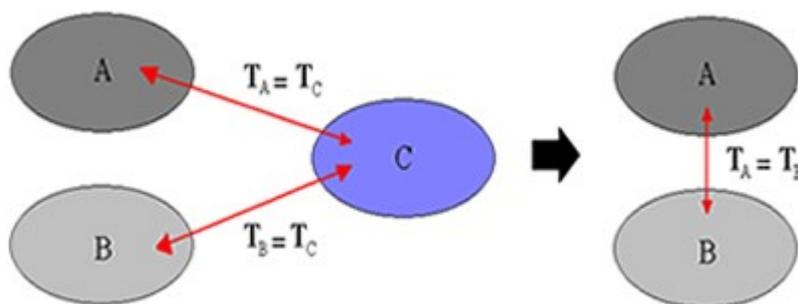
Fonte: Elaboração da autora (2017).

Quando esses sistemas são colocados em contato através de uma parede diatérmica (condutora térmica), a transferência de calor através da parede faz com que as propriedades dos dois sistemas variem. As variações são relativamente rápidas no início, tornando-se mais lentas à medida que o tempo passa, até que as propriedades dos sistemas se aproximem de valores constantes. Quando isso ocorre, diz-se que os sistemas estão em *equilíbrio térmico* um com o outro. Pode-se comprovar que os dois sistemas estão em equilíbrio térmico colocando-os em contato térmico e observando suas propriedades. Se suas propriedades não variarem, eles estarão em equilíbrio térmico, caso contrário, os sistemas não estarão em equilíbrio térmico.

Pode ser muito difícil colocar dois sistemas em contato térmico entre si, seja pelo seu tamanho ou pela distância que os separa. Pode-se testar estes sistemas separados utilizando um terceiro sistema C. Colocando C em contato com A e então em contato com B, pode-se verificar se A e B estão em equilíbrio térmico mesmo sem colocar A em contato direto com B, conforme ilustrado na figura 9. Este postulado é a *lei zero da termodinâmica*, que pode ser expressa como:

“Se cada um dos sistemas A e B está em equilíbrio térmico com um terceiro sistema C, então A e B estarão em equilíbrio térmico entre si.” (RESNICK, HALLIDAY e KRANE, 2003, p. 207).

Figura 9 – Lei Zero da Termodinâmica



Fonte: Disponível em: < <http://alunosonline.uol.com.br/fisica/lei-zero-termodinamica.html>>. Acesso em: 15 abr. 2017.

A lei zero da termodinâmica surgiu no século XX e serve de base ao conceito de temperatura, a qual é fundamental para outras duas leis.

Supomos que o sistema C seja um termômetro, que está em contato com os sistemas A e B. No caso de um termômetro, quando ele é colocado em contato com um corpo,

após certo tempo, quando a leitura atingir um valor estável, o termômetro entra em equilíbrio térmico com o corpo, ou seja, os sistemas terão a mesma temperatura. Assim, pode-se afirmar que “dois sistemas estão em equilíbrio térmico se e somente se eles possuírem a mesma temperatura”. (YOUNG e FREEDMAN, 2015, p. 200).

Assim, um termômetro mede a sua própria temperatura, mas, quando está em equilíbrio térmico com outro corpo, as temperaturas do termômetro e do corpo são iguais, o que torna um termômetro útil (YOUNG e FREEDMAN, 2015, p. 200).

Na próxima seção, estudar-se-á como funciona a variação de temperatura dos corpos.

### 3.3 ENERGIA TÉRMICA E CALOR

Até o século XVIII, os cientistas conviveram com a ideia de que havia uma substância fluida, invisível e com peso desprezível, que estava presente no interior dos corpos. Segundo o entendimento da época, a temperatura de um corpo estaria diretamente relacionada com a quantidade dessa substância, denominada calórico. Quanto maior a quantidade de calórico contida no corpo, maior seria a temperatura apresentada por ele.

Em 1770, o cientista francês Joseph Black (1728-1799) propôs a teoria do calórico, baseada nos seguintes postulados:

- o calórico é formado por partículas que se repelem mutuamente, mas que penetram qualquer material;
- qualquer material atrai partículas de calórico;
- o calórico sempre se conserva;
- embora sempre presente, o calórico pode ou não ser percebido;
- o calórico tem peso desprezível.

Quanto maior a quantidade de calórico, maior a temperatura de um corpo. Dois corpos diferentes possuíam, portanto, quantidades diferentes de calórico. Quando dois corpos eram colocados em contato, em um recipiente termicamente isolado, eles tendiam ao equilíbrio térmico, pois o corpo com maior temperatura passava parte de sua quantidade de calórico para o corpo de menor temperatura.

A passagem de calórico cessaria no momento em que houvesse quantidades iguais de calórico nos corpos e, conseqüentemente, eles atingissem a mesma temperatura.

Essa teoria foi muito aceita na época, porque explicava diversos fenômenos ligados à transferência de calor. O estudo da relação entre calor e outras formas de energia

evoluiu durante os séculos XVIII e XIX. No século XIX, a teoria do calórico começou a ser contestada.

Por volta de 1798, Benjamin Thompson, engenheiro anglo-americano, trabalhando numa fábrica de armas em Munique, na Alemanha, observou que as brocas de aço esquentavam muito ao perfurarem tubos de aço durante a produção de canhões. Para que as brocas não derretessem, era necessário resfriá-las constantemente com água. De acordo com a teoria do calórico, acreditava-se que o calor era proveniente do material retirado pela broca. Thompson propôs, então, que os canhões fossem perfurados com brocas que perderam a capacidade de perfurar (brocas cegas), mas o calor produzido era ainda maior!

Observando o aquecimento excessivo produzido pelas forças de atrito, Thompson começou a questionar o modelo que explicava o calórico como substância. Argumentou que o que ocorria era uma transformação de trabalho mecânico em calor e que este seria a forma de energia responsável pelo aquecimento do sistema.

Em 1847, o físico alemão Hermann von Helmholtz definiu calor como uma forma de energia e que para todas as formas de energia há o equivalente em calor.

Em 1848, o físico inglês James Joule realizou experimento, fez dois corpos amarrados a um fio descerem com velocidade constante, de maneira que a energia cinética dos corpos era constante durante toda a queda, segundo se ilustra na figura 10. Estes corpos estavam ligados às pás de um agitador imerso em água. Joule verificou que a água se aquecia ao ser vigorosamente agitada e associou a energia potencial gravitacional do peso em queda à elevação da temperatura da água agitada pelas pás. Segundo Young e Freedman (2015, p. 211),

as pás do agitador transferem energia para a água, realizando um trabalho sobre ela, e Joule verificou que *o aumento de temperatura é diretamente proporcional ao trabalho realizado*. A mesma variação de temperatura também pode ser obtida colocando-se água em contato com algum corpo mais quente; logo, essa interação também deve envolver uma troca de energia.

Se a energia cinética não varia e a energia potencial é nula no final da queda, é esta última a energia responsável pelo aquecimento da água. Relacionando a energia potencial inicial com a quantidade de calor necessária para o aquecimento verificado da água, Joule pôde, então, determinar o valor do equivalente mecânico do calor, isto é, o quanto de energia mecânica converteu-se em energia térmica. O calorímetro utilizado por Joule está ilustrado na figura 11.

Figura 10 - Réplica do equipamento utilizado no experimento de Joule, exibida em Olderbung, na Alemanha



Fonte: CARMO, MEDEIROS e MEDEIROS (2000, p. 5). Disponível em: <[https://www.if.ufrgs.br/~lang/Textos/AlexMed/Exp\\_Joule.pdf](https://www.if.ufrgs.br/~lang/Textos/AlexMed/Exp_Joule.pdf)>. Acesso em: 09 abr. 2017.

Figura 11 - Calorímetro de Joule



Fonte: CARMO, MEDEIROS e MEDEIROS (2000, p. 3). Disponível em: <[https://www.if.ufrgs.br/~lang/Textos/AlexMed/Exp\\_Joule.pdf](https://www.if.ufrgs.br/~lang/Textos/AlexMed/Exp_Joule.pdf)>. Acesso em: 09 abr. 2017.

Em 1847, Joule obtém o valor de 4,20 joules/caloria. Em 1850, nas *Philosophical Transactions* há um valor mais preciso para o equivalente mecânico do calor, de 4,15 joules/caloria, incluindo o famoso experimento envolvendo as pás. Evangelista (2014, p. 172-173) traz um trecho do referido artigo publicado por Joule:

Eu considero que 772.692, o equivalente derivado da fricção de água, é o mais correto, tanto por causa do número de experimentos analisados quanto pela grande capacidade do aparelho para o calor [...] concluirei, portanto, considerando como demonstrado pelos experimentos contidos no artigo, 1) que a quantidade de calor produzida pela fricção dos corpos, sejam sólidos ou líquidos, é sempre proporcional

*à quantidade de força despendida e 2) que a quantidade de calor capaz de aumentar a temperatura de uma libra de água (pesada no vácuo, e tomada entre 55° e 60°) de 1°F, requer para sua evolução o consumo de uma força mecânica representada pela queda de 772 libras de uma altura de 1 pé (o itálico é do original). (EVANGELISTA, 2014, p. 172-173).*

Em 1878, Joule determinou mais uma vez a massa em libras que pode ser erguida a uma altura de um pé pela quantidade de calor necessária para o aquecimento de um grau de uma libra de água, chegando ao valor de 772,55. Esse número está registrado na pedra tumular de Joule, no cemitério Brooklands, na cidade de Sale, Inglaterra (EVANGELISTA, 2014, p. 174).

Dessa forma, desconsiderando perdas de calor para o meio ambiente, a energia mecânica que um corpo possui pode converter-se em calor, ou vice-versa, de acordo com esse fator determinado por Joule.

O experimento realizado por Joule contribuiu para que a teoria do calórico fosse rejeitada.

Para Young e Freeman (2015, p. 211),

podemos definir uma *unidade* de quantidade de calor com base na variação de temperatura de materiais específicos. A **caloria** (abreviada como cal) é definida como *a quantidade de calor necessária para elevar a temperatura de um grama de água de 14,5°C para 15,5°C*. A caloria usada para alimentos é, na realidade, uma quilocaloria (kcal), igual a 1000cal. Uma unidade de calor correspondente, que usa graus Fahrenheit e unidades britânicas, é a **British thermal unit**, ou Btu. Um Btu é a quantidade de calor necessária para elevar a temperatura de uma libra (peso) de água de 1°F, de 63°F até 64°F.

Como o calor é uma forma de energia em trânsito, deve existir uma relação entre as unidades de quantidade de calor e as unidades de energia mecânica que conhecemos. Experimentos semelhantes aos realizados por Joule mostraram que (YOUNG e FREEMAN, 2015, p. 211):

$$1 \text{ cal} = 4,186 \text{ J}$$

$$1 \text{ kcal} = 1000 \text{ cal} = 4186 \text{ J}$$

$$1 \text{ Btu} = 778 \text{ pés} \cdot \text{lb} = 252 \text{ cal} = 1055 \text{ J}$$

O Sistema Internacional de unidades utiliza o joule como unidade básica para todas as formas de energia, inclusive o calor.

Assim, na teoria sobre o calor aceita hoje, o calor é uma forma de energia e não uma substância. Essas mudanças na forma de compreensão da natureza são resultados de vários estudos, experimentos e debates realizados ao longo do tempo.

Os corpos apresentam capacidades de térmica e calor específicos diferentes dependendo das características de seus constituintes, estes serão apresentados na próxima seção.

### 3.4 CAPACIDADE TÉRMICA E CALOR ESPECÍFICO

As primeiras descrições que propuseram uma interpretação microscópica para a teoria do calor foram feitas pelo médico escocês Joseph Black (1728-1799), um dos pioneiros na diferenciação entre temperatura e calor.

Como foi observada por Black, a troca de calor entre corpos ou sistemas depende de suas características intrínsecas, em particular da massa e da composição química. Esta característica levou a necessidade de se definir duas grandezas: a capacidade térmica e o calor específico. Como propriedades de um corpo e de um composto químico, respectivamente, essas grandezas indicam como eles recebem ou perdem calor.

Assim Resnick, Halliday e Krane (2003, p. 254) definem capacidade térmica  $C$  de um corpo como “a razão entre a quantidade de energia transferida para um corpo na forma de calor  $Q$  em um processo qualquer e a sua variação de temperatura correspondente  $\Delta T$ ”, isto é:

$$C = \frac{Q}{\Delta T} \quad (2)$$

A unidade de medida usual da capacidade térmica é caloria por grau Celsius ( $\text{cal}/^\circ\text{C}$ ).

A capacidade térmica é característica do corpo e não do material que o constitui. Assim, dois corpos formados pelo mesmo material podem ter capacidades térmicas diferentes caso suas massas não sejam iguais. Por exemplo, se aquecer duas panelas com massas diferentes de água e se quiser que as duas massas elevem suas temperaturas em um mesmo valor, precisa-se fornecer maior quantidade de calor para a panela com mais água.

Capacidade térmica e massa são, para um mesmo material, grandezas diretamente proporcionais, pois quanto maior a massa, maior a quantidade de calor necessária para variar a sua temperatura.

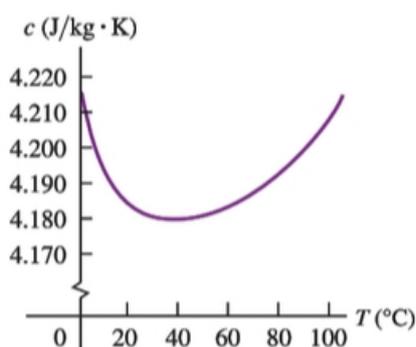
Há outra propriedade térmica que está associada à composição química de cada corpo. Por exemplo, dois corpos de mesma massa, constituídos de diferentes materiais, ao receberem a mesma quantidade de calor, geralmente não sofrem a mesma variação de temperatura.

Para Resnick, Halliday e Krane (2003, p. 254), “a capacidade térmica por unidade de massa de um corpo, chamada de *capacidade térmica específica* ou usualmente apenas *calor específico*, é uma característica do material do qual o corpo é composto”.

$$c = \frac{Q}{m\Delta T} = \frac{c}{m} \quad (3)$$

O calor específico  $c$  possui valores diferentes para cada tipo de material. O calor específico de uma substância depende da temperatura, (“e possivelmente de outras variáveis, como a pressão”). (RESNICK, HALLIDAY e KRANE, 2003, p. 254). Young e Freedman (2015, p. 212) salientam que “o calor específico de um material depende até certo ponto da temperatura inicial e do intervalo de temperatura”. No caso da água, isso pode ser percebido analisando-se a figura 12.

Figura 12 - Calor específico da água em função da temperatura. O valor de  $c$  varia menos que 1% entre 0°C e 100°C



Fonte: Young e Freeman (2015, p. 212).

Como é possível observar, o calor específico da água varia pouco com a temperatura. O calor específico de alguns materiais a 20 °C e 1 atm está apresentado na tabela 1.

Tabela 1 - Calores específicos a 20°C e 1atm

Substância	Calor específico (c) cal/g.°C
Água líquida	1,0
Água sólida (gelo)	0,5
Vapor de água	0,48
Álcool etílico	0,58
Ferro	0,113
Cobre	0,092
Mercúrio	0,033
Alumínio	0,215

Fonte: Sampaio e Calçada (2005, p. 176).

Por outro lado, a razão entre capacidade térmica e massa sempre se mantém constante. Essa razão é o calor específico do material que forma o corpo e, portanto, uma característica dele.

Para a medida da quantidade de calor se utiliza a equação fundamental da calorimetria:

$$Q = mc\Delta T \quad (4)$$

A quantidade de calor ( $Q$ ) que um corpo de massa ( $m$ ) e calor específico ( $c$ ) absorve ou libera, variando sua temperatura em certo valor ( $\Delta T$ ), pode ser calculada pelo produto entre  $m$ ,  $c$  e  $\Delta T$ .

Para o estudo do comportamento dos materiais em relação à transmissão de calor, utiliza-se um equipamento chamado calorímetro. O calorímetro é um tipo de recipiente que, termicamente isolado, evita as trocas de calor entre o seu conteúdo e o meio externo. A garrafa térmica é um tipo de calorímetro. Em geral, ele é utilizado para acondicionar corpos que precisam ser mantidos em temperaturas preestabelecidas ou para estudar trocas de calor entre dois ou mais corpos em laboratório.

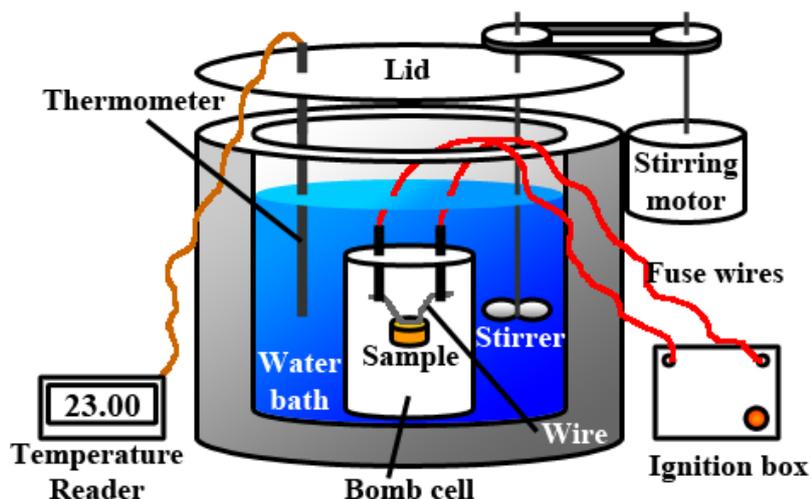
Quando são necessárias medidas mais acuradas, não se pode utilizar uma garrafa térmica como calorímetro, pois ela não ajudaria um fabricante de alimentos a determinar o conteúdo calórico de seus produtos, por exemplo. Profissionalmente, os cientistas utilizam o calorímetro bomba, conforme ilustra a figura 13.

Os cientistas utilizam este equipamento para medir as trocas de calor associadas às transformações químicas ou físicas. Um calorímetro bomba possui uma câmara de reação, que deve ser forte o suficiente para suportar a pressão dos gases aquecidos em seu interior sem explodir. Um circuito elétrico está ligado à câmara de reação para iniciar a combustão da amostra. A câmara de combustão é cercada por uma camisa de água, com um termômetro inserido. Por exemplo, quando se analisa a combustão de uma substância, o calor gerado na reação é absorvido pela água, que tem sua temperatura elevada, permitindo que o cientista analise a quantidade de energia envolvida na reação.

Admitindo não haver perdas de energia para o ambiente externo, toda a energia gerada na reação foi absorvida pelo calorímetro. A partir da conservação da energia, pode-se enunciar o princípio das trocas de calor. Segundo este princípio, a soma das quantidades de calor trocadas por eles é igual à zero.

$$Q_{\text{reação}} + Q_{\text{calorímetro}} = 0 \quad (5)$$

Figura 13 – Esquema de um calorímetro bomba



Fonte: Disponível em: <<http://www.physicsclassroom.com/class/thermalP/Lesson-2/Calorimeters-and-Calorimetry>>. Acesso em: 10 mar. 2017.

Esta conclusão é válida para qualquer número de corpos que troquem calor entre si até se estabelecer o equilíbrio térmico. Pode-se, deste modo, enunciar o seguinte princípio geral das trocas de calor:

“Quando dois ou mais corpos trocam calor entre si, até atingirem o equilíbrio térmico, a soma algébrica das quantidades de calor trocadas é nula”. (TORRES, FERRARO e SOARES, 2010, p. 75).

O equilíbrio térmico entre os corpos é obtido pelos diferentes mecanismos de troca de calor, tema da próxima seção.

### 3.5 MECANISMOS DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR

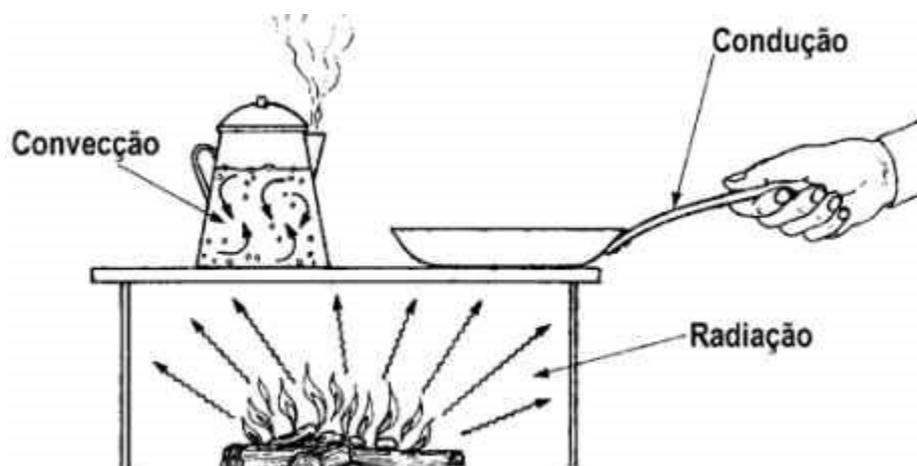
Como visto anteriormente, o contato entre corpos com diferentes temperaturas gera um fluxo de calor que continua até que estes corpos atinjam o equilíbrio térmico, ou seja, tenham a mesma temperatura.

A transferência de calor ocorre somente entre regiões com temperaturas diferentes e sempre da região de maior temperatura para aquela com temperatura menor. A transferência de calor entre os corpos pode ocorrer por três mecanismos: condução, convecção e radiação. Segundo Young e Freedman (2015, p. 221),

a condução ocorre no interior de um corpo ou entre dois corpos em contato. A convecção depende do movimento de massa de uma região para outra. A radiação é

a transferência de calor que ocorre pela radiação eletromagnética, como a luz solar, sem que haja necessidade de presença de matéria no espaço entre os corpos.

Figura 14 - Mecanismos de transferência de calor



Fonte: GRIMM (1999). Disponível em: < <http://fisica.ufpr.br/grimm/aposmeteo/cap2/cap2-9.html>>. Acesso em: 17 abr. 2017.

Estes mecanismos de transferência de calor serão estudados com mais detalhes nas subseções que seguem.

### 3.5.1 Condução

Quando se segura uma das extremidades de uma barra de metal e posiciona a outra extremidade sobre uma chama, pode-se perceber que a extremidade que se está segurando fica cada vez mais quente, embora não esteja em contato com a chama, neste caso, o calor é transferido por condução até a extremidade mais fria da barra.

Young e Freedman (2015, p. 221) explicam a condução de calor:

Em nível atômico, verificamos que os átomos de uma região quente possuem em média uma energia cinética maior que a energia cinética dos átomos de uma região vizinha. As colisões desses átomos com os átomos vizinhos fazem com que lhes transmitam parte da energia. Os átomos vizinhos colidem com *outros* átomos vizinhos, e assim por diante, ao longo do material. Os átomos, em si, não se deslocam de uma região a outra do material, mas sua energia se desloca.

Nos metais, o processo de condução de calor é mais eficiente, pois eles possuem alguns elétrons “livres” que podem se movimentar pelo metal com maior facilidade, ou menor resistência. Assim, podem passar através do aumento nas suas energias cinéticas de regiões de temperatura mais alta para regiões de temperatura mais baixa. Esses elétrons livres podem, então, transferir energia rapidamente de um ponto a outro do metal, sempre do ponto mais

quente para o mais frio. “Dessa forma, uma região de temperatura crescente propaga-se ao longo da haste para a mão de quem segura o cabo”. (RESNICK, HALLIDAY e KRANE, 2003, p. 248).

Por isso, os metais são bons condutores de calor. Essa propriedade explica a sensação que se tem quando se toca simultaneamente um metal e uma madeira, ambos a mesma temperatura, a sensação é a de que o metal tem uma temperatura menor já que o calor pode fluir mais facilmente entre sua mão e o metal.

### 3.5.2 Convecção

A convecção ocorre quando a transferência de calor se dá pela movimentação de massa de um fluido de uma região para outra do espaço, como no sistema de refrigeração de um motor à combustão interna. Resnick, Halliday e Krane (2003) explicam a transferência de calor por convecção:

Observa-se o calor sendo transferido por convecção quando um fluido, como ar ou água, está em contato com um objeto cuja temperatura é mais alta do que a sua vizinhança. A temperatura do fluido que está em contato com o objeto quente aumenta e (na maioria dos casos) o fluido se dilata. O fluido quente é menos denso do que o fluido mais frio em sua volta, de modo que ele sobe em função das forças de sustentação. O fluido mais frio em volta desce para ocupar o lugar do fluido mais quente em ascensão, e estabelece-se uma circulação convectiva. (RESNICK, HALLIDAY e KRANE, 2003, p. 251).

A convecção pode ser forçada, quando o fluido é impulsionado através de um ventilador ou bomba, ou natural, quando o escoamento ocorre pela diferença de densidade provocada por uma expansão térmica.

Segundo Young e Freedman (2015, p. 225),

a transferência de calor por convecção é um processo muito complexo, e não existe nenhuma equação simples para descrevê-lo. A seguir assinalamos alguns fatos experimentais.

1. A taxa de transferência de calor por convecção é diretamente proporcional à área da superfície. É por essa razão que se usa uma área superficial grande em radiadores e aletas de refrigeração.
2. A viscosidade de um fluido retarda o movimento da convecção natural nas vizinhanças de superfícies estacionárias, dando origem a uma película ao longo da superfície que, quando vertical, costuma ter aproximadamente o mesmo valor isolante que 1,3 cm de madeira compensada ( $R = 0,7$ ). A convecção forçada provoca uma diminuição da espessura dessa película, fazendo aumentar a taxa de transferência de calor. Isso explica por que você sente mais frio quando há um vento frio do que quando o ar está em repouso com a mesma temperatura.
3. Verifica-se que a taxa de transferência de calor na convecção é aproximadamente proporcional à potência de  $5/4$  da diferença de temperatura entre a superfície e um ponto no corpo principal do fluido.

No corpo humano, o principal mecanismo de transferência de calor é a convecção forçada do sangue bombeada pelo coração. A convecção atmosférica influencia nos padrões climáticos globais e nas variações meteorológicas diárias.

### 3.5.3 Radiação

A transferência de calor através de ondas eletromagnéticas é denominada radiação. Este mecanismo de transferência de calor se processa mesmo no vácuo, por isso se consegue sentir o calor da radiação solar.

Qualquer corpo, mesmo em baixas temperaturas, emite radiação. O comprimento de onda da radiação diminui à medida que a temperatura aumenta.

Enquanto um corpo com temperatura absoluta  $T$  está irradiando, o ambiente que está a uma temperatura  $T_s$  também está irradiando, e o corpo absorve parte dessa radiação. Caso ele esteja em equilíbrio térmico com o ambiente,  $T = T_s$ , e a taxa de emissão da radiação é igual a taxa de absorção. (YOUNG e FREEDMAN, 2015, p. 226).

Conforme foi possível observar neste capítulo, que apresentou um breve resumo sobre calorimetria, a utilização de figuras no ensino de Física é muito comum, tanto na representação de situações problema como na apresentação de resultados. Esta necessária abordagem de ensino dos objetos de ensino da Física em sala de aula deixa à margem da aprendizagem os estudantes com deficiência visual. Neste caso, é importante que o professor em sua prática docente utilize materiais adaptados para a apresentação dos conceitos de física para estudantes com deficiência visual. Na próxima seção, apresenta-se uma proposta de adaptação de materiais em relevo e por audiodescrição.

## 4 ADAPTAÇÃO DE MATERIAIS EM RELEVO E AUDIODESCRIÇÃO PARA ESTUDANTES COM DEFICIÊNCIA VISUAL

Para que se possa compreender melhor a necessidade de adaptação dos materiais para o ensino de Física aos alunos cegos ou com baixa visão, inicia-se esse capítulo com uma discussão sobre a representação desse no ensino de Física. Na sequência, o capítulo abordará as recomendações da Fundação Catarinense de Educação Especial e do Ministério da Educação para a adaptação de materiais e atividades para alunos com deficiência visual.

### 4.1 REPRESENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA

Os objetos de ensino que constituem a Física para serem acessados e estudados necessitam de representações. De maneira geral, os fenômenos físicos, quando estudados, são representados em modelos matemáticos que permitem o controle de algumas variáveis e o estudo do comportamento de outras. Assim, representar os objetos da Física por meio dos modelos matemáticos utilizando-se dos registros de representação semiótica pode auxiliar no processo de ensino, objetivando a melhoria da aprendizagem.

Para Duval (2009, p.41),

O estudo das representações é indispensável ao processo de elaboração conceitual, uma vez que é por meio das representações que ocorre o processo de objetivação, ou seja, o sujeito toma consciência de forma intencional de certos aspectos do objeto representado.

No entanto, a utilização de diferentes registros de representação semiótica na abordagem dos objetos de ensino nem sempre são compreendidas com facilidade, pois o estudante não visualiza que uma equação no registro algébrico representa, por exemplo, o movimento de um corpo ao longo de uma trajetória, ou que uma representação gráfica representa a variação de temperatura em uma determinada escala.

A BNCC caracteriza a Física como uma ciência composta de representações. O mesmo documento caracteriza as representações no ensino da Física.

A Física também faz uso de formas de representação como gráficos, tabelas, esquemas e diagramas para registrar informações e comunicar resultados. E, especialmente, incorpora a Matemática em sua interpretação da realidade, para expressar leis e teorias, na forma de equações ou em modelos algébricos, estatísticos e geométricos, que tratam aspectos conceituais qualitativos e quantitativos de processos físicos. Assim, aprender Física passa, também, pela compreensão da linguagem que lhe é própria, constituindo-se este como outro dos seus eixos formativos. (BRASIL, 2016, p. 589).

Os registros de representação num modelo matemático para a abordagem de objetos da Física necessitam, inicialmente, da discriminação de suas unidades significativas para a identificação do comportamento da grandeza variável representada. Para Cardoso (2015, p.42):

As unidades significativas de um registro de representação (letras, símbolos, eixos, desenhos) a partir de uma sintaxe própria e de um processo de significação, constituem em registros de representações capazes de representar certos aspectos do objeto para o indivíduo que as reconhece.

As representações cumprem um papel importante na abordagem dos objetos de ensino da Física. As tabelas, os gráficos, os desenhos esquemáticos favorecem a comunicação e o estudo desses, possibilitando sua compreensão e aprendizagem. Para Cardoso (2015, p.40):

A representação estabelece a relação entre o objeto e o interpretante. O processo de uma interpretação somente é possível por meio de signos. No caso da Semiótica, o signo representa o *objeto* para o *interpretante*.

No entanto, segundo Queiroz, Ramos e Siple (2011, p. 20),

Vale ressaltar que toda representação é cognitivamente parcial em relação ao objeto a ser representado, portanto, a complementaridade entre os registros se torna fundamental um vez que permite ao sujeito ter acesso a diferentes aspectos do conteúdo representado.

Ao se trabalhar os elementos significativos de cada registro de representação se está possibilitando a compreensão da totalidade do objeto.

Considerando que esta pesquisa envolve a abordagem dos objetos de ensino da física relacionado com a calorimetria para estudantes com deficiência visual, torna-se importante que o professor, ao planejar a elaboração de materiais didáticos adaptados, busque utilizar o sistema de representação mais adequado para cada situação estudada, de forma que possibilite ao estudante o acesso às unidades significativas do registro adotado de maneira mais robusta possível. Também nesse processo é necessário que o professor auxilie o aluno a se apropriar inicialmente da sintaxe e significação da representação utilizada em comparação com a grandeza física que será representada. Nesta pesquisa serão utilizados os materiais em relevo construídos na forma de modelos que representem as grandezas representadas, bem como a língua natural para audiodescrição.

A seção seguinte traz as recomendações da Fundação Catarinense de Educação Especial (FCEE), Secretaria de Estado da Educação de Santa Catarina e do Ministério da Educação para a adaptação de materiais em relevo e, também, a audiodescrição, metodologia

que tem ganhado força entre os pesquisadores da área de inclusão para o desenvolvimento de atividades com estudantes com deficiência visual ou de baixa visão.

#### 4.2 RECOMENDAÇÕES PARA A ADAPTAÇÃO DE MATERIAIS EM RELEVO PARA ALUNOS COM DEFICIÊNCIA VISUAL

Nesta seção, abordam-se as recomendações da Fundação Catarinense de Educação Especial (FCEE), Secretaria de Estado da Educação de Santa Catarina e do Ministério da Educação para a adaptação de materiais didáticos em relevo para alunos com deficiência visual. Estas recomendações servirão de base para o desenvolvimento de metodologias para a conversão de registros de representação figural em representações em relevo, para, assim, tornar acessível os objetos de ensino da física relacionado com a calorimetria aos estudantes com deficiência visual, foco do desenvolvimento deste trabalho.

Sabemos ser o tato uma das principais formas de interação do estudante cego com o mundo. O tato é um dos cinco sentidos humanos, usualmente dividido em quatro sistemas: termoccepção (percepção da temperatura), somatosensorial (identificação de texturas), propriocepção ou cinestesia (reconhecimento da localização espacial do corpo) e nocicepção (percepção da dor). (AZEVEDO e SANTOS, 2014, p. 4402-5).

De acordo com as autoras Sá, Campos e Silva (2007), desenhos, gráficos e ilustrações devem ser adaptados e representados em relevo, pois ativa o denominado sistema háptico.

O sistema háptico é o tato ativo, constituído por componentes cutâneos e sinestésicos, através dos quais impressões, sensações e vibrações detectadas pelo indivíduo são interpretadas pelo cérebro e constituem fontes valiosas de informação. As retas, as curvas, o volume, a rugosidade, a textura, a densidade, as oscilações térmicas e dolorosas, entre outras, são propriedades que geram sensações táteis e imagens mentais importantes para a comunicação, a estética, a formação de conceitos e de representações mentais. (SÁ, CAMPOS e SILVA, 2007, p. 16).

Esta recomendação é especialmente aplicável nas disciplinas de Física, Química, Matemática e Geografia. É importante salientar que uma obra de arte dificilmente será representada em relevo, cabendo, neste caso, a sua descrição. Assim,

Compreendendo a necessidade de dar suporte aos alunos com deficiência visual dentro das instituições escolares, os materiais adaptados em relevo constituem-se como um recurso que possibilita o acesso aos diferentes materiais didáticos utilizados em sala de aula, neste sentido, destacamos o livro didático adaptado, que oportuniza a acessibilidade e permite a continuidade aos processos educacionais do aluno com deficiência visual, uma vez que estimula o processo de ensino e de

aprendizagem, dando iguais condições para todos. (SANTA CATARINA, 2011, p. 11).

Descrições unicamente verbais não proporcionam o mesmo nível de compreensão quando acompanhadas por objetos táteis.

Conforme já mencionado, os livros didáticos adaptados levam muito tempo para chegar até a escola, o que compromete o processo de ensino-aprendizagem dos alunos com deficiência visual. Neste sentido, torna-se necessário que estudantes e professores busquem metodologias alternativas para que possam adaptar materiais didáticos de forma a dar prosseguimento ao processo de ensino e aprendizagem, fazendo com que o deficiente visual tenha condições de permanência na escola, da mesma forma que os estudantes que não tem esta deficiência.

Ao adaptar um material didático, é necessário ter em mente as condições e o grau de deficiência do estudante a que se destina. A partir desta identificação, torna-se importante investir em materiais com cores fortes e contrastantes, texturas e fonte ampliada ou escrita em Braille. Assim,

Contrastes do tipo liso/áspero, fino/espesso, permitem distinções adequadas. O material não deve provocar rejeição ao manuseio e ser resistente para que não se estrague com facilidade e resista à exploração tátil e ao manuseio constante. Deve ser simples e de manuseio fácil, proporcionando uma prática utilização e não deve oferecer perigo para os alunos. (SÁ, CAMPOS e SILVA, 2007, p. 27).

O material adaptado não pode ser muito pequeno, pois se corre o risco de que os detalhes não sejam percebidos, e nem muito grande, porque além de dificultar o manuseio, prejudica a compreensão do todo. Obedecendo-se a estes critérios, o material adaptado tem grande possibilidade de se tornar útil e significativo. O material adaptado pode ser apresentado a toda a turma, enriquecendo o aprendizado de todos e contribuindo para a socialização do deficiente visual.

Ainda hoje,

Os estudantes com deficiência visual têm dificuldades em ter acesso a materiais educacionais que contemplem suas especificidades, uma vez que os materiais táteis produzidos no país são feitos artesanalmente, tornando sua produção demorada e sem garantias de repetibilidade. Aliado a isto, a responsabilidade de produzir, adaptar e distribuir diversos materiais táteis, utilizados nas atividades da vida diária e pedagógicas das pessoas cegas e com baixa visão, é restrito a fundações e instituições de apoio às pessoas portadoras de deficiência visual ligadas ao Ministério da Educação, como o Instituto Benjamin Constant, a Fundação Catarinense de Educação Especial, Fundação Dorina Nowil e a Lamma. (FERREIRA e SILVA, 2014, p. 412).

Para a elaboração do material em relevo, a FCEE recomenda que sejam seguidos alguns critérios e procedimentos de modo a facilitar a compreensão do aluno. De acordo com a FCEE, os critérios gerais para a elaboração de material em relevo são:

- Eleger materiais que não agridem a sensibilidade tátil, evitando a rejeição e irritação da pele prejudicando o contato e a percepção.
- Não utilizar materiais perecíveis (arroz, feijão, milho e outros), evitando assim a proliferação de fungos e mofo, que podem vir a trazer danos à saúde do usuário.
- Utilizar texturas diversificadas, sem muitos detalhes, para melhor destacar as partes específicas que compõem o todo.
- Não utilizar texturas iguais e/ou semelhantes em uma mesma matriz, para que o usuário possa fazer uma distinção entre seus elementos.
- A base da matriz deverá ser lisa para que a figura em relevo tenha maior destaque.
- A figura adaptada em relevo deverá ter tamanho adequado, permitindo à pessoa cega percebê-la de forma globalizada.
- Evitar mais de uma figura numa mesma matriz, para que não se confunda uma com a outra.
- Procurar padronizar as texturas utilizadas na produção das matrizes, para melhorar reconhecimento e compreensão na leitura tátil.
- Em centros de produção, as adaptações em relevo devem ser revisadas por uma pessoa cega, para verificação da compreensão das matrizes e da necessidade de possíveis reformulações que se fizerem necessárias.
- Informar o título a que se refere à figura na matriz.
- Quando houver necessidade, matrizes deverão estar acompanhadas de legendas explicativas, para compreensão da leitura tátil.
- Quando existirem figuras sobrepostas, ou com muitos detalhes deverá existir uma legenda explicativa, bem como as figuras desmembradas.
- Quando houver figuras complexas, deverão ser eliminados os detalhes que não irão interferir nas características iniciais das mesmas.
- Os materiais devem ser confeccionados em tamanho adequado, ressaltando os detalhes de suas partes.
- Sempre que possível os materiais adaptados devem ser fidedignos às informações do livro didático. (SANTA CATARINA, 2011, p. 15-16).

As texturas têm suma importância na adaptação em relevo, elas irão destacar as partes componentes da figura, diferenciando-as umas das outras, mantendo a fidelidade ilustrada no material.

Para a adaptação de materiais utilizando texturas, a FCEE sugere a utilização de diversos materiais, como tecidos, botões, cliques, canutilhos, cortiça, cordões, fitas, miçangas, palitos, telas e papéis.

Antes de iniciar a adaptação de uma imagem para estudante cegos é necessário analisar todos os seus aspectos e verificar se algumas informações podem ser omitidas sem prejudicar a compreensão do conteúdo. Assim, figuras meramente ilustrativas podem ser eliminadas. Em alguns casos, desenvolve-se inicialmente uma base, que poderá ser reproduzida tantas vezes quantas forem necessárias. Após a reprodução da base é que serão





destacado a utilização da AD para o ensino de ciências exatas, particularmente a Física. Na próxima seção, far-se-á uma abordagem da AD e dos critérios que devem ser observados na realização desta adaptação.

#### 4.3 RECOMENDAÇÕES PARA A ADAPTAÇÃO DE MATERIAIS POR AUDIODESCRIÇÃO PARA ALUNOS COM DEFICIÊNCIA VISUAL

A prática de se descrever informações visuais para pessoas com deficiência visual é imemorial, mas a AD como atividade técnica e profissional nasceu nos Estados Unidos em 1975, a partir da dissertação de mestrado de Gregory Frazier.

De 1975 até hoje, a prática ganhou espaço no rádio, TV, cinema, teatro, ópera e até em espetáculos de dança. De acordo com Franco e Silva (2010, p. 26),

hoje, além dos Estados Unidos, os países que mais investem na audiodescrição, tanto na televisão como no cinema e no teatro são Inglaterra, França, Espanha, Alemanha, Bélgica, Canadá, Austrália e Argentina.

A AD é uma modalidade de tradução intersemiótica, que serve para tornar acessíveis a pessoas com deficiência visual os materiais audiovisuais (SILVA, 2009).

Segundo Franco e Silva (2010, p. 23),

a audiodescrição consiste na transformação de imagens em palavras para que informações-chave transmitidas visualmente não passem despercebidas e possam também ser acessadas por pessoas cegas ou com baixa visão.

Araújo corrobora, ao afirmar que:

A AD é uma modalidade de tradução audiovisual definida como a técnica utilizada para tornar o teatro, o cinema e a TV acessíveis para pessoas com deficiência visual. Trata-se de uma narração adicional que descreve a ação, a linguagem corporal, as expressões faciais, os cenários e os figurinos. A tradução é colocada entre os diálogos e não interfere nos efeitos musicais e sonoros. (ARAÚJO, 2010, p. 94).

Para Costa (2010), a audiodescrição é um complemento que leva ao usuário as informações contidas nas imagens (descrições) e nas falas (voice over). O voice over é utilizado na audiodescrição de materiais que estão em língua estrangeira, como se fosse a dublagem. Ainda, segundo Costa, a audiodescrição:

[...] não deve nunca competir com o filme; os personagens principais são os personagens originais e suas histórias. O audiodescritor, portanto, deve ser discreto quando está fazendo a descrição assim como quando está fazendo o voice over. O tom de voz da audiodescrição deve ser neutro, discreto e agradável. No caso do voice over, o tom deve ser um pouco mais carregado de intenções; porém como

explicado anteriormente, este deve acompanhar o tom de voz original e não se transformar no personagem. Esta é uma diferença sutil que modifica o resultado final, tornando o conjunto de informações sonoras organizado, de modo que cada informação tenha seu momento para ser revelado. (COSTA, 2010, p. 89).

A produção de material com audiodescrição no Brasil é muito pequena. No Brasil, a AD foi utilizada em público pela primeira vez em 1998, com a exibição da peça “Andaime” em São Paulo, e depois em 2003, durante o festival temático “Assim Vivemos: Festival Internacional de Filmes sobre Deficiência”, que é realizado bianualmente desde então.

A realização da audiodescrição de maneira a adaptar materiais audiovisuais aos deficientes visuais deve seguir algumas etapas, para que se possa ter um resultado final que consiga chegar ao objetivo. Para Santana (2010, p.120), são três os tipos de AD:

**AD Pré-gravada** se esta narração for gravada num estúdio de áudio e posteriormente editada e mixada com o som original do produto audiovisual (filme, filme publicitário, vídeos educativos, institucionais, corporativos, outros). Também pode ser definida como **AD Ao Vivo** - Roteirizada se o audiodescritor-ator, diferente da primeira opção, estiver narrando, ao vivo, durante a exibição de um filme em película, no caso das salas de cinema, ou de um espetáculo teatral, de dança, uma exposição, ou outras manifestações audiovisuais. Deve-se considerar um terceiro tipo de Audiodescrição, a **AD Simultânea**, que consiste na narração em tempo real, simultânea ao que está sendo apresentado, porém sem um roteiro elaborado anteriormente.

Segundo Costa (2010, p. 85),

A descrição das cenas obedece às mesmas regras da inserção da audiodescrição em produtos nacionais ou dublados, ou seja, entra nos espaços entre as falas dos personagens, nos silêncios, nas pausas e em alguns momentos sobre a trilha sonora musical. As falas e os ruídos importantes devem ser preservados. A diferença desse roteiro para o roteiro de um produto nacional é que ele irá conter também todas as falas dos personagens. Desta forma, o roteiro final consiste nas descrições inseridas entre as falas dos personagens.

A pesquisa em AD no Brasil é liderada pelas Universidades Federais da Bahia, de Pernambuco, Minas Gerais e pela Universidade Estadual do Ceará. Tendo seu estudo reduzido a algumas instituições, a formação de audiodescritores no Brasil é realizada principalmente através de cursos informais promovidos pela iniciativa privada e a formação universitária em nível de extensão ou especialização. Araújo (2010, p.100) comenta sobre a metodologia utilizada para a AD nos cursos de formação de audiodescritores:

O processo de AD segue quatro etapas: elaboração do script com o auxílio do software Subtitle Workshop (SW) e de um consultor com deficiência visual; produção do roteiro com todas as rubricas necessárias para a gravação em estúdio e mixagem da AD e do som original do filme. [...]Depois de elaborada a lista de diálogos, começamos a preparação do roteiro que contém os seguintes elementos: tempos iniciais e finais (Time code reader – TCR – onde serão inseridas a AD), as descrições, as deixas (a última fala antes de entrar a AD) e as rubricas (as instruções

para a locução). Todos esses elementos são importantes para auxiliar a gravação da voz.

De acordo com Araújo (2010), a AD deve ser preferencialmente colocada no intervalo entre as falas dos personagens. Não deve haver sobreposição entre a AD e os diálogos, pois a sobreposição pode trazer prejuízo à compreensão das pessoas com deficiência visual. Araújo (2010, p. 100) salienta que de acordo com algumas diretrizes europeias, a sobreposição da AD

só deve acontecer em casos extremos: quando o que está sendo dito não é importante para o entendimento do filme ou quando a descrição é fundamental para esse entendimento. O excesso de sobreposições pode impedir que a pessoa com deficiência visual assista ao filme confortavelmente.

Entretanto, trabalhos como o de Cozendey e Costa (2016) relatam a realização da audiodescrição com o congelamento da imagem, no caso de obras em que não havia intervalos entre os diálogos. As autoras destacam que essa possibilidade se deu pelo fato de que a obra não foi apresentada no cinema, mas tornou o recurso audiovisual compreensível às pessoas com deficiência visual e foi bem tolerada pelos espectadores que não tinham deficiência visual, desde que o congelamento da imagem não seja muito extenso.

Costa (2010) salienta a importância de que o audiodescritor conheça a obra previamente para que perceba a dinâmica sonora do filme:

Sabendo em que momentos do filme deve falar mais baixo ou mais alto, produzirá um resultado agradável e orgânico aos ouvidos. Em uma cena de briga, por exemplo, a audiodescrição pode ficar mais intensa, enquanto que em um momento mais silencioso deve ser feita de maneira mais sutil. (COSTA, 2010, p. 89).

Araújo (2010, p. 98) faz algumas recomendações quanto à AD:

O audiodescritor só precisa tomar cuidado na escolha de sua adjetivação para não colocar suas inferências no texto, principalmente aquelas cruciais para o entendimento do filme. A garantia da acessibilidade reside em que a leitura do filme seja feita pelo espectador, seja ele vidente, ouvinte, surdo ou com deficiência visual. Não faz parte do trabalho do audiodescritor facilitar essa leitura. Ele precisa traduzir as imagens para propiciar à pessoa com deficiência visual a oportunidade de fazer a própria interpretação.

Assim, a AD tem por objetivo transmitir as informações visuais mais importantes para que a pessoa com deficiência visual possa acompanhar o recurso audiovisual e tirar suas próprias conclusões, ou discutir a obra com seus pares, o que contribui para garantir aos alunos com deficiência visual maior autonomia no processo de aprendizagem.

A AD vem ganhando espaço nas salas de aula brasileiras nos últimos anos, nas turmas que possuem estudantes com deficiência visual e vem gerando bons resultados. Alguns estudos apresentados no VII Congresso Brasileiro de Educação Especial, realizado no município de São Carlos (SP) no ano de 2016, sugerem que a AD contribui, também, para o aprendizado de alunos normovisuais, pois os ajudam a prestar maior atenção aos detalhes.

Considerando que o desenvolvimento deste trabalho envolve a escolha de um caminho para que os objetivos propostos sejam alcançados, na próxima seção, apresentam-se os aspectos metodológicos desta pesquisa.

## 5 METODOLOGIA

A partir dos objetivos estabelecidos na introdução deste trabalho, neste capítulo será apresentada a metodologia utilizada na construção deste.

A natureza deste trabalho se caracteriza por uma pesquisa básica que, segundo Motta (2015, p. 112) busca desenvolver teorias científicas para aumentar a soma de saberes disponíveis ao pesquisador. Para Zanella (2007, p. 29), a pesquisa científica pura “visa a criar novas questões num processo de incorporação e superação daquilo que já se encontra produzido”.

Quanto aos objetivos, esta pesquisa pode ser classificada como exploratória, já que “visa obter familiaridade com o tema da pesquisa.” (MOTTA, 2015, p. 98). Para Gil (2009), este tipo de pesquisa explora a realidade buscando maior conhecimento.

Para o levantamento de dados, realizou-se uma pesquisa bibliográfica, buscando identificar o estado de arte da produção científica a respeito do tema. Nesta pesquisa, utilizaram-se as mais diversas fontes secundárias: livros, revistas, monografias, teses, dissertações e artigos. Os dados levantados servirão de norte para a elaboração dos materiais.

Para Zanella (2007, p. 34), a pesquisa bibliográfica tem como principal vantagem “permitir ao pesquisador a cobertura mais ampla do que se fosse pesquisar diretamente”.

Após a realização da pesquisa bibliográfica, o trabalho seguiu com o planejamento de uma sequência didática. Na sequência, foram realizados desenvolvimento de materiais e a conversão dos registros figurais para registros táteis. Para a realização desta parte do trabalho, utilizaram-se materiais como o papel sulfite de gramatura 90, papelão, barbante, cordonê, EVA, cola, tesoura e, para a escrita, a máquina Perkins. O conteúdo abordado na confecção dos materiais instrucionais foi visto no capítulo 3 deste trabalho. Como a elaboração de materiais instrucionais adaptados é muito demorada, optou-se por desenvolver uma representação de termômetros com diferentes escalas termométricas e um material em Braille com um resumo contendo a historicização e os principais conceitos abordados no capítulo 3 deste trabalho.

Na sequência didática, utilizou-se o vídeo “Os curiosos: Temperatura”, elaborado pelo IBFT – Acessa Física, com interpretação em Libras. A audiodescrição do vídeo foi realizada sem o congelamento da imagem, utilizando-se o programa *Windows Movie Maker*®. Para isso, diminui-se o som original do vídeo e optou-se por realçar a narração (audiodescrição). O vídeo com Libras e audiodescrição foi publicado no YouTube para que

mais estudantes possam ter acesso ao material. O endereço da publicação é <<https://youtu.be/-c-LFqOr3Kg>>.

A sequência didática elaborada está apresentada na seção a seguir.

## 6 PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Nessa seção apresenta-se uma proposta de sequência didática com o objetivo de abordar o tema calorimetria em uma turma de segunda série do ensino médio para estudantes com cegueira adquirida. Escolheu-se o tema calorimetria por ser trabalhado na disciplina de Física e ter implicações na disciplina de Química na segunda série do Ensino Médio, além de várias aplicações no cotidiano.

Assim, torna-se interessante ressaltar que este trabalho nasceu da realidade que a pesquisadora vive em sala de aula, pela dificuldade encontrada em conduzir o processo de ensino-aprendizagem de alunos com deficiência, especialmente aqueles com cegueira ou baixa visão. Desta forma, buscaram-se alternativas metodológicas que possibilitassem o acesso dos alunos a materiais didáticos adaptados as suas necessidades e que possam ser utilizados em sala de aula de maneira que possibilite a estes estudantes o acesso aos conhecimentos relacionados ao tema proposto.

### 6.1 PLANO DE AULA CALORIMETRIA E SENSACIONES TÉRMICAS

#### **Tema: Calor, temperatura e escalas termométricas**

#### **Justificativa**

A vida moderna precisa, cada vez mais, de energia para movimentar indústrias, iluminar residências e escritórios, para o funcionamento dos meios de transporte e comunicação ou mesmo para o lazer. Energia é sinônimo de conforto. Isso sem falar na energia que nosso corpo precisa para manter a vida e toda a sua atividade.

A energia térmica do vapor de água, por exemplo, era a energia utilizada nas antigas locomotivas a vapor, e, em nossos dias, essa energia é empregada para movimentar navios ou para acionar turbinas em usinas termoelétricas. Grande parte da energia elétrica utilizada pela humanidade é produzida através da energia térmica.

Sabe-se, por exemplo, que se precisa fornecer calor (energia) para que a água se aqueça e vaporize, e que, no sentido contrário, quando a água condensa ocorre a liberação de calor (energia) que havia recebido anteriormente. Transformações físicas e químicas são acompanhadas por liberação ou absorção de calor, por isso o estudo da calorimetria é tão importante.

## **Objetivos**

### **Geral**

Estudar os fenômenos relacionados à transferência de calor entre os corpos.

### **Específicos:**

- ✓ diferenciar as grandezas, calor e temperatura;
- ✓ interpretar corretamente do ponto de vista da Física a troca de calor entre os corpos;
- ✓ reconhecer o calor como energia em trânsito devido à diferença de temperatura entre corpos;
- ✓ reconhecer o desenvolvimento histórico da teoria atualmente aceita sobre calor;
- ✓ realizar e comparar medidas de temperatura nas escalas Celsius, Kelvin e Fahrenheit;
- ✓ conceituar equilíbrio térmico.

### **Conteúdos envolvidos:**

- ✓ calor;
- ✓ energia térmica;
- ✓ temperatura e escalas termométricas;
- ✓ equilíbrio térmico;
- ✓ mecanismos de transferência de calor;
- ✓ capacidade térmica;
- ✓ calor específico.

## **Estratégias**

### **Recursos:**

- ✓ dois recipientes grandes o suficiente para comportar uma mão coberta por água;
- ✓ um recipiente grande o suficiente para comportar duas mãos cobertas por água;
- ✓ água quente (o suficiente para que seja percebida a diferença de temperatura sem que a pessoa se queime);
- ✓ água fria (podem-se acrescentar alguns cubos de gelo);
- ✓ água morna (em temperatura ambiente);
- ✓ termômetro;
- ✓ televisor com entrada HDMI;
- ✓ notebook com cabo HDMI;
- ✓ representações de termômetros adaptados à deficiência visual;
- ✓ vídeo “Os Curiosos: Temperatura” com LIBRAS e audiodescrição.

**Técnicas:**

- ✓ aula experimental;
- ✓ aula expositiva e dialogada.

**Problematização**

Você é capaz de dizer por meio do tato de sua mão a sensação da temperatura da água em cada um dos recipientes? Como você identifica que uma pessoa está com febre? Por que objetos de madeira parecem mais quentes que os objetos de metal mesmo estando em uma mesma temperatura?

**Procedimentos para a realização do experimento de problematização**

Colocar as amostras de água separadamente em cada um dos recipientes, sendo que a água morna deve ser colocada no maior recipiente.

Solicitar que um estudante coloque uma das mãos no recipiente com água fria e a outra mão no recipiente com água quente durante 30 segundos. Neste caso, se o aluno com deficiência visual não quiser realizar o experimento, deve-se realizar a audiodescrição do experimento para que o aluno possa acompanhar a aula.

Figura 17 - Demonstração do experimento de problematização



Fonte: Doescher (010). Disponível em:

<<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=23440>>. Acesso em: 21 abr. 2017.

Na sequência, solicitar que o aluno coloque ambas as mãos no recipiente com água morna e deixe por, no máximo, 10 segundos.

Solicitar ao aluno que ele descreva sua sensação ao colocar as duas mãos na água morna. Podem-se realizar os seguintes questionamentos:

- 1 – O que aconteceu quando foram colocadas as duas mãos na água morna?
- 2 – O que foi sentido em cada mão?
- 3 – A temperatura da água (sensação térmica) está diferente para cada mão?

## Historicização

Até o século XVIII, os cientistas conviveram com a ideia de que havia uma substância fluida, invisível e com peso desprezível, que estava presente no interior dos corpos. Segundo o entendimento da época, a temperatura de um corpo estaria diretamente relacionada com a quantidade dessa substância, denominada calórico. Quanto maior a quantidade de calórico contida no corpo, maior seria a temperatura apresentada por ele. Essa teoria foi proposta em 1770, pelo cientista francês Joseph Black baseada nos seguintes postulados:

- o calórico é formado por partículas que se repelem mutuamente, mas que penetram qualquer material;
- qualquer material atrai partículas de calórico;
- o calórico sempre se conserva;
- embora sempre presente, o calórico pode ou não ser percebido;
- o calórico tem peso desprezível.

Quando dois corpos eram colocados em contato, em um recipiente termicamente isolado, eles tendiam ao equilíbrio térmico, pois o corpo com maior temperatura passava parte de sua quantidade de calórico para o corpo de menor temperatura.

A passagem de calórico cessaria no momento em que houvesse quantidades iguais de calórico nos corpos e, conseqüentemente, eles atingissem a mesma temperatura.

Essa teoria foi muito aceita na época porque explicava diversos fenômenos ligados à transferência de calor.

Por volta de 1798, Benjamin Thompson, engenheiro anglo-americano, trabalhando numa fábrica de armas em Munique, na Alemanha, observou que as brocas de aço esquentavam muito ao perfurarem tubos de aço durante a produção de canhões. Para que as brocas não derretessem era necessário resfriá-las constantemente com água.

Observando o aquecimento excessivo produzido pelas forças de atrito, Thompson começou a questionar o modelo que explicava o calórico como substância. Argumentou que o que ocorria era uma transformação de trabalho mecânico em calor e que este seria a forma de energia responsável pelo aquecimento do sistema.

Em 1847, o físico alemão Hermann von Helmholtz definiu calor como uma forma de energia e que para todas as formas de energia há o equivalente em calor.

Em 1848, o físico inglês James Joule realizou experimento e fez dois corpos amarrados a um fio descerem com velocidade constante, de maneira que a energia cinética dos corpos era constante durante toda a queda. Estes corpos estavam ligados às pás de um

agitador imerso em água. Joule verificou que a água se aquecia ao ser vigorosamente agitada e associou a energia potencial gravitacional do peso em queda à elevação da temperatura da água agitada pelas pás.

Se a energia cinética não varia e a energia potencial é nula no final da queda, é esta última a energia responsável pelo aquecimento da água. Relacionando a energia potencial inicial com a quantidade de calor necessária para o aquecimento verificado da água, Joule pôde, então, determinar o valor do equivalente mecânico do calor, isto é, o quanto de energia mecânica converteu-se em energia térmica.

Em 1850, Joule obteve um valor mais preciso para o equivalente mecânico do calor, de 4,15 joules/caloria, através do experimento envolvendo as pás.

O experimento realizado por Joule contribuiu para que a teoria do calórico fosse rejeitada.

Assim, na teoria sobre o calor aceita hoje, o calor é uma forma de energia e não uma substância. Essas mudanças na forma de compreensão da natureza são resultados de vários estudos, experimentos e debates realizados ao longo do tempo.

### **Operacionalização**

A aula será iniciada com a apresentação do tema, justificativa e objetivos.

A seguir, será apresentada a problematização, com a realização do experimento.

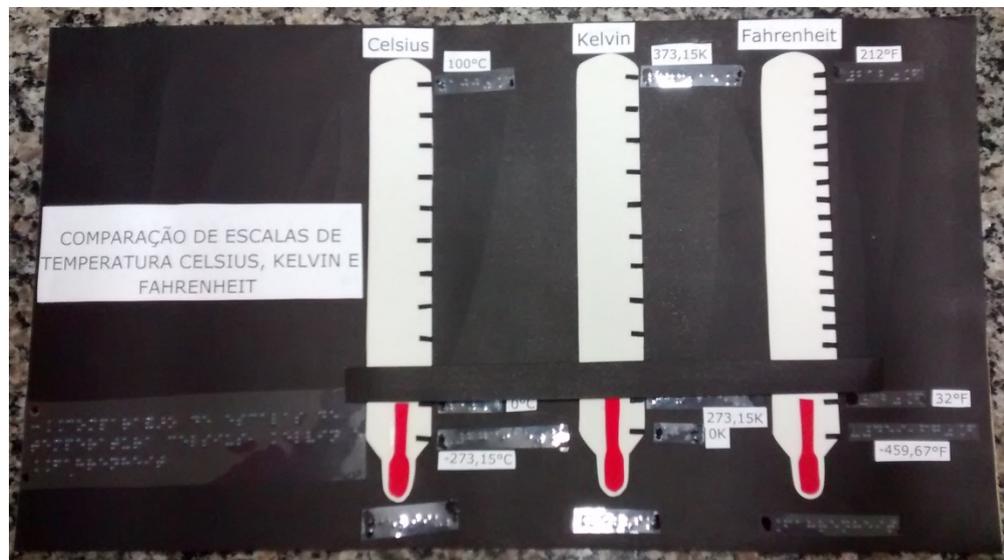
Em seguida, com a utilização de projeções, será apresentada a historicização.

Serão discutidos conceitos como calor, equilíbrio térmico, temperatura, escalas termométricas, com a apresentação do vídeo com audiodescrição e projeções.

As escalas de temperatura serão discutidas utilizando-se o material adaptado e elaborado pela professora.

Com o material adaptado, o professor deverá mostrar aos alunos que as várias escalas de temperatura têm correspondência, porém ao medir a mesma temperatura os números utilizados em cada escala são diferentes, pois as escalas foram definidas de forma diferente. Além disso, deverá destacar que os graus das escalas Celsius e Kelvin tem o mesmo tamanho, mas na escala Fahrenheit o tamanho é diferente, por isso as representações de termômetros na escala Celsius e Kelvin tem 10 divisões e há 18 divisões na representação do termômetro graduado em Fahrenheit.

Figura 18 – Material adaptado pela autora para comparação de escalas de temperatura Celsius, Kelvin e Fahrenheit



Fonte: Acervo da autora (2017).

## Avaliação

Critérios de avaliação:

- ✓ participação na realização do experimento;
- ✓ domínio dos conceitos envolvidos no experimento.

Instrumentos de avaliação:

- ✓ relatório elaborado pelo estudante e orientado pelo professor, entregue no final da atividade;
- ✓ aplicação de avaliação escrita em data preestabelecida.

## 7 CONCLUSÃO

No ensino tradicional de Física utiliza-se de muitas representações para ilustrar, analisar e expressar o comportamento das grandezas variáveis. Porém, de maneira geral, as representações são voltadas para os estudantes que não apresentam necessidades específicas. Os estudantes com dificuldades visuais ficam à margem do processo de ensino, demandando ao professor a adaptação de materiais de ensino utilizando relevos e texturas para facilitar a compreensão desse aluno.

A elaboração de material adaptado aos alunos com deficiência visual requer grande sensibilidade do professor, pois cada detalhe deve ser pensado para permitir a percepção por parte do estudante, o que exige a utilização de vários materiais, audiodescrição e da escrita Braille. A utilização da audiodescrição nos últimos tempos se tornou uma alternativa para a utilização de materiais audiovisuais adaptados, contudo requer mais tempo e dedicação para elaboração já que necessita de várias edições nos áudios gravados para que possam ser encaixados ao material no tempo certo. Embora com esta característica de planejamento, a audiodescrição tem se tornado uma alternativa metodológica que potencializa também a aprendizagem para os estudantes sem necessidades específicas.

A adaptação de materiais para alunos com necessidades educacionais especiais é um desafio para o professor, que precisa constantemente avaliar sua prática, visto que cada aluno requer uma adaptação diferenciada que deve levar em conta, além de suas capacidades cognitivas, os recursos disponíveis na escola e a necessidade do estudante que se pretende atingir.

A adaptação ideal é aquela em que o material desenvolvido pode ser utilizado por toda a turma, englobando alunos com e sem deficiência. Quando bem elaborado, o material adaptado enriquece as aulas e melhora o aprendizado de todos, pois geralmente são materiais manipuláveis ou audiodescritos que diminuem a necessidade de abstração, facilitando o processo de compreensão dos conteúdos.

Outro aspecto importante que deve ser considerado na abordagem dos conceitos de física para estudantes com deficiência é a matematização excessiva dos conteúdos de Física, muitas vezes requerida em vestibulares, o que dificulta o aprendizado de muitos estudantes, que desenvolvem verdadeira aversão à disciplina pela grande exigência de algoritmos matemáticos e de interpretação dos enunciados.

A dificuldade na realização de cálculos por parte do deficiente visual pode tornar-se mais uma barreira no ensino de Física, já que, em grande parte, os professores não sabem

utilizar-se de materiais adaptados que possibilitam ou facilitam a realização desses pelos estudantes. Durante o desenvolvimento desta pesquisa optou-se pela proposta de uma sequência didática com materiais adaptados para mostrar a correspondência entre as escalas termométricas sem a realização de cálculos. Este material, também, possibilita a realização de cálculos e a representação das equações de correspondência das diferentes escalas.

De modo geral, percebeu-se que a sequência didática envolvendo materiais adaptados para a abordagem do tema relacionado com calor, temperatura e escalas termométricas pode tornar o aprendizado dos estudantes com deficiência visual significativo. No entanto se reconhece as limitações que envolvem as atuais condições de trabalho dos profissionais da educação que, também, influenciam na prática docente do professor com os estudantes portadores de necessidades educacionais específicas. Sugere-se que deve haver investimentos na melhoria das condições de trabalho e formação do professor para atuarem com estudantes com deficiência, bem como a participação familiar mais efetiva na vida escolar do estudante.

Como esta pesquisa se constituiu do estudo e elaboração de uma proposta de materiais adaptados para estudantes com cegueira, fica, aqui, a sugestão para a aplicação da proposta elaborada para verificar *in loco* sua eficiência como possibilidade metodológica para abordagem em sala de aula de objetos da Física.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Vera Lúcia S. A formação de audiodescritores no Ceará e em Minas Gerais: uma proposta baseada em pesquisa acadêmica. In: MOTTA, Livia Maria de M.; ROMEU FILHO, Paulo (organizadores). **Audiodescrição: transformando imagens em palavras**. São Paulo: Secretaria dos Direitos da Pessoa com Deficiência do Estado de São Paulo, 2010. Disponível em:

<[http://pessoacomdeficiencia.sp.gov.br/usr/share/documents/LIVRO\\_AUDIODESCRICAO\\_TRANSFORMANDO\\_IMAGENS\\_EM\\_PALAVRAS.pdf](http://pessoacomdeficiencia.sp.gov.br/usr/share/documents/LIVRO_AUDIODESCRICAO_TRANSFORMANDO_IMAGENS_EM_PALAVRAS.pdf)>. Acesso em: 13 abr. 2017.

BRASIL. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. SECRETARIA DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA. **Jogos e brincadeiras: desafios e descobertas**. 2. ed. Salto para o Futuro. Ano XVIII. Boletim 07. TV Escola, 2008.

\_\_\_\_\_. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2015. Disponível em: <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/#/site/conheca>>. Acesso em: 04 mar. 2016.

\_\_\_\_\_. **Base Nacional Comum Curricular**. 2. ed. ver. Brasília, 2016. Disponível em: <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/documentos/bncc-2versao.revista.pdf>>. Acesso em: 20 fev. 2017.

\_\_\_\_\_. **Lei Federal nº 9394, de 20 de dezembro de 1996**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L9394.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9394.htm)>. Acesso em: 01 dez. 2016.

\_\_\_\_\_. **Decreto nº 3298, de 20 de dezembro de 1999**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/d3298.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d3298.htm)>. Acesso em: 05 jan. 2017.

\_\_\_\_\_. **Decreto nº 7611, de 17 de novembro de 2011**. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2011/Decreto/D7611.htm#art11](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2011/Decreto/D7611.htm#art11)>. Acesso em: 05 mar. 2017.

CARMO, Luiz Augusto; MEDEIROS, Alexandre; MEDEIROS, Cleide Farias de. **Distorções conceituais em imagens de livros textos: o caso do experimento de Joule com o calorímetro de pás**. Florianópolis, 2000. Disponível em: <

[https://www.if.ufrgs.br/~lang/Textos/AlexMed/Exp\\_Joule.pdf](https://www.if.ufrgs.br/~lang/Textos/AlexMed/Exp_Joule.pdf)>. Acesso em: 09 abr. 2017.

COSTA, Luciano Gonsalves; NEVES, Marcos Cesar Danhoni; BARONE, Dante Augusto Couto. O ensino de Física para deficientes visuais a partir de uma perspectiva fenomenológica. **Ciência E Educação**, v. 12. n. 2. p. 143-153, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v12n2/02.pdf>>. Acesso em: 03 jan. 2017.

COSTA, Graciela Pozzobon. Audiodescrição e voice over no festival Assim Vivemos. In: MOTTA, Livia Maria de M.; ROMEU FILHO, Paulo (organizadores). **Audiodescrição: transformando imagens em palavras**. São Paulo: Secretaria dos Direitos da Pessoa com Deficiência do Estado de São Paulo, 2010. Disponível em: <[http://pessoacomdeficiencia.sp.gov.br/usr/share/documents/LIVRO\\_AUDIODESCRICAO\\_TRANSFORMANDO\\_IMAGENS\\_EM\\_PALAVRAS.pdf](http://pessoacomdeficiencia.sp.gov.br/usr/share/documents/LIVRO_AUDIODESCRICAO_TRANSFORMANDO_IMAGENS_EM_PALAVRAS.pdf)>. Acesso em: 13 abr. 2017.

COZENDEY, Sabrina Gomes; COSTA, Maria da Piedade R. da. **Uso da audiodescrição como uma ferramenta de ensino no ensino das ciências exatas**. Anais do VII Congresso Brasileiro de Educação Especial. Disponível em: <

<https://proceedings.galoa.com.br/cbee7/trabalhos/uso-da-audiodescricao-como-uma-ferramenta-de-ensino-no-ensino-de-ciencias-exatas>>. Acesso em: 15 abr. 2017.

DOESCHER, Andrea Marques Leão. **Temperatura**: uma mesma água pode estar quente e fria ao mesmo tempo? 2010. Disponível em: <<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=23440>>. Acesso em: 21 abr. 2017.

EVANGELISTA, Luiz Roberto. **Perspectivas em História da Física**: da física dos gases à mecânica estatística. v. 2. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014.

FELTRE, Ricardo. **Química**. v.2. 6. ed. São Paulo: Moderna, 2004.

FERREIRA, Maria Engracinda dos Santos; SILVA, Luiz Felipe Coutinho Ferreira da. A aplicação das tecnologias de prototipagem rápida na confecção de matrizes táteis. **Bol. Ciênc. Geod**, Curitiba, v. 20, n. 2, p. 411-426, jun. 2014. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1982-21702014000200011&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1982-21702014000200011&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em: 05 jan. 2017.

FRANCO, Eliana P. Cardoso; SILVA, Manoela Cristina C. C. da. Audiodescrição: breve passeio histórico. In: MOTTA, Livia Maria de M.; ROMEU FILHO, Paulo (organizadores). **Audiodescrição**: transformando imagens em palavras. São Paulo: Secretaria dos Direitos da Pessoa com Deficiência do Estado de São Paulo, 2010. Disponível em: <[http://pessoacomdeficiencia.sp.gov.br/usr/share/documents/LIVRO\\_AUDIODESCRICAO\\_TRANSFORMANDO\\_IMAGENS\\_EM\\_PALAVRAS.pdf](http://pessoacomdeficiencia.sp.gov.br/usr/share/documents/LIVRO_AUDIODESCRICAO_TRANSFORMANDO_IMAGENS_EM_PALAVRAS.pdf)>. Acesso em: 13 abr. 2017.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

GRIMM, Alice Marlene. **Meteorologia básica**: notas de aula. UFPR, 1999. Disponível em: <<http://fisica.ufpr.br/grimm/aposmeteo/>>. Acesso em: 17 abr. 2017.

GUIMARÃES, Osvaldo; PIQUEIRA, José Roberto, CARRON, Wilson. **Física**. v. 2. 1. ed. São Paulo: Ática, 2013.

IBF – PROJETO ACESSA FÍSICA. **Os curiosos**: temperatura com libras. 2010. Disponível em: <[http://177.71.183.29/acessa\\_fisica/index.php/acessafisica/Midias/Audiovisual/Os-Curiosos-Temperatura](http://177.71.183.29/acessa_fisica/index.php/acessafisica/Midias/Audiovisual/Os-Curiosos-Temperatura)>. Acesso em: 13 abr. 2017.

QUEIROZ, Carlos Antônio; RAMOS, Elenita Eliete de Lima; SIPLE, Ivanete Zuchi. **Tópicos Especiais em Ciências I**: representação semiótica, tecnologias educacionais e atividades experimentais. Florianópolis: Publicações do IFSC, 2011.

RESNICK, Robert; HALLIDAY, David; KRANE, Kenneth S. **Física 2**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2003.

ROSINKE, Patrícia. **Situações tecnológicas como meio para a significação de conceitos científicos o ensino de ciências da natureza e suas tecnologias**. 2007. 110 f. Dissertação (Mestrado em Educação nas Ciências)-Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ujuí, 2007.

SÁ, Elizabet Dias de. Atendimento educacional especializado para alunos cegos e com baixa visão. In: MANTOAN, M. T. E. (organizadora). **O desafio das diferenças nas escolas**. 4. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2011.

SANTA CATARINA. SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO. FUNDAÇÃO CATARINENSE DE EDUCAÇÃO ESPECIAL. **Política de educação especial do Estado de Santa Catarina**. Coordenador Sérgio Otávio Bassetti. São José: FCEE, 2006. Disponível em: <  
[http://www.fcee.sc.gov.br/index.php?option=com\\_docman&task=cat\\_view&gid=44&Itemid=91](http://www.fcee.sc.gov.br/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=44&Itemid=91)>. Acesso em: 17 dez. 2016.

\_\_\_\_\_. **Guia prático para adaptação em relevo**. São José: FCEE, 2011.

SANTANA, Maurício. A primeira audiodescrição na propaganda da TV brasileira: Natura Naturé um banho de acessibilidade. In: MOTTA, Livia Maria de M.; ROMEU FILHO, Paulo (organizadores). **Audiodescrição: transformando imagens em palavras**. São Paulo: Secretaria dos Direitos da Pessoa com Deficiência do Estado de São Paulo, 2010. Disponível em: <  
[http://pessoacomdeficiencia.sp.gov.br/usr/share/documents/LIVRO\\_AUDIODESCRICAO\\_TRANSFORMANDO\\_IMAGENS\\_EM\\_PALAVRAS.pdf](http://pessoacomdeficiencia.sp.gov.br/usr/share/documents/LIVRO_AUDIODESCRICAO_TRANSFORMANDO_IMAGENS_EM_PALAVRAS.pdf)>. Acesso em: 13 abr. 2017.

SILVA, Manoela Cristina C. C. da. **Com os olhos do coração: estudo acerca da audiodescrição de desenhos animados para o público infantil**. 2009. 216 f. Dissertação (Mestrado em Letras e Linguística)-Universidade Federal da Bahia, UFBA, 2009. Disponível em: <  
<https://repositorio.ufba.br/ri/bitstream/ri/12032/1/Manoela%20Cristina%20Correia%20C%20da%20Silva.pdf>>. Acesso em: 15 abr. 2017.

SOUZA, Cristina de F. de O. B. Augusto de; CUNHA, Eugênio. Adaptação curricular para crianças com autismo: estratégias de alfabetização de crianças com necessidades educacionais especiais. **Revista Científica CENSUPEG**, São Paulo, n. 4, p. 69-82, 2014.

YOUNG, Hugh D; FREEDMAN, Roger A. **Física II, Sears e Zemanski: termodinâmica e ondas**. A. Lewis Ford (colab.). Daniel Vieira (trad.). 14. ed. São Paulo: Pearson Education, 2015.

ZANELLA, L. C. H. **Metodologia de Pesquisa**. Florianópolis: Departamento de Ciências da Administração/UFSC, 2007.