

MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



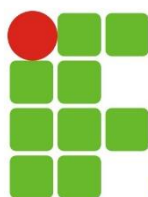
INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
RIO GRANDE DO NORTE



LEAIVLAM RODRIGUES DE LIMA

**CONCEITOS DE CALOR E TEMPERATURA: UMA ABORDAGEM HISTÓRICA E
EXPERIMENTAL NA VISÃO DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA**

Natal/RN
2017



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
RIO GRANDE DO NORTE



LEAIVLAM RODRIGUES DE LIMA

CONCEITOS DE CALOR E TEMPERATURA: UMA ABORDAGEM HISTÓRICA E EXPERIMENTAL NA VISÃO DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:

Prof. DSc. Paulo Cavalcante da Silva Filho.

Co-orientador:

Profa. Dsc. Andrezza Maria Batista do Nascimento Tavares.

Natal/RN
2017

Lima, Leivlam Rodrigues de.
L732c Conceitos de calor e temperatura: uma abordagem histórica e experimental na visão da aprendizagem significativa. – 2017.
127 f: il. color.

Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.
Orientador(a): Prof. Dr. Paulo Cavalcante da Silva Filho.
Coorientador(a): Prof^a Dra Andrezza Maria Batista do Nascimento Tavares.

1. Ensino da física – Ensino médio. 2. Calor. 3. Temperatura. I. Silva Filho, Paulo Cavalcante da. II. Nascimento, Andrezza Maria Batista do. III. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte. IV. Título.

CDU 53:373.5

Catálogo na Publicação elaborada pela Seção de Processamento Técnico da Biblioteca Setorial Walfredo Brasil (BSWB) do IFRN.



LEAIVLAM RODRIGUES DE LIMA

CONCEITOS DE CALOR E TEMPERATURA: UMA ABORDAGEM HISTÓRICA E EXPERIMENTAL NA VISÃO DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

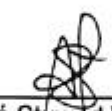
Dissertação apresentada e aprovada em 18/12/2017, pela seguinte Banca

Examinadora:


BANCA EXAMINADORA



Prof. Paulo Cavalcante da Silva Filho
Campus Natal Central, IFRN
Presidente



Prof. André Stuart Wayland Torres Silva
EAJ, UFRN
Examinador Externo



Prof. Melquisedec Lourenço da Silva
Campus Natal Central, IFRN
Examinador Interno

Dedico esta dissertação a vocês que sempre me fizeram acreditar na realização dos meus sonhos, a minha família. A vocês, meus maiores amores, Karla, minha esposa que sempre me apoiou nos momentos difíceis e compartilhou comigo as alegrias, a Arthur, meu filho querido, Elisabete, minha mãe e ao meu pai Malviael (*in memoriam*)

AGRADECIMENTOS

A Deus, por todas as providências e bênçãos concedidas ao longo desta jornada.

A minha esposa e filho, pelo incentivo e pela compreensão nos momentos de grande estresse, e por entenderem a minha ausência.

Ao meu orientador Professor DSc. Paulo Cavalcante da Silva Filho, pela incansável ajuda e orientação na elaboração deste trabalho.

A minha coorientadora Professora Dsc. Andrezza M. Batista do N. Tavares, pelo apoio e orientação.

Aos meus alunos, pelos momentos de ensino e aprendizagem.

À comunidade escolar, onde desenvolvi este trabalho.

Aos meus amigos da turma de mestrado, pelos momentos de confidências e aprendizagem.

Aos professores do MNPEF, pelos ensinamentos dados.

À banca examinadora, pela leitura e pela análise crítica.

À CAPES, pelo auxílio financeiro que foi importante, na aquisição do material necessário, para o desenvolvimento deste trabalho.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

Com efeito, tudo que admiti até agora como o que há de mais verdadeiro, eu o recebi dos sentidos ou pelos sentidos. Ora, notei que os sentidos às vezes enganam e é prudente nunca confiar completamente nos que, seja uma vez, nos enganaram.

René Descartes

RESUMO

No convívio social, pessoas que sem instrução formal e aquelas que tiveram acesso às informações técnicas no meio acadêmico, como alunos do Ensino Médio, muitas vezes, usam os conceitos de Calor e Temperatura como se tivessem o mesmo sentido, pronunciando quente como sinônimo de calor e temperatura. Partindo das divergências semânticas e das concepções prévias dos alunos no tocante aos conceitos de calor e temperatura, o trabalho de pesquisa tem por objetivo propor uma metodologia fundamentada na física histórica, filosófica e experimental, para que os alunos da disciplina de Física do Ensino Médio possam apropriar-se de forma efetiva dos referidos conceitos, baseando-se em uma pedagogia significativa. Esta dissertação, metodologicamente, realizou pesquisa bibliográfica sobre as teorias da aprendizagem, a Pedagogia Construtivista de Piaget, a Escola Ativa de Dewey, a Aprendizagem Significativa de Ausubel e, principalmente, a Transposição Didática segundo Yves Chevallard. Além da citada fundamentação teórica, realizou trabalho empírico laboratorial, por meio do desenvolvimento de aulas experimentais, sobre calor e temperatura em três distintas fases com os estudantes do ensino médio. O produto educacional da dissertação propõe uma Unidade Didática na perspectiva de uma sequência lógica de conhecimento com base na teoria construtivista de Ausubel. A título de conclusão, a pesquisa sinaliza para resultados didáticos assertivos a partir das três fases realizadas na investigação. A primeira foi a fase exploratória, denominada “pré-teste”, que serviu para nortear os professores sobre os conhecimentos prévios que os alunos possuíam a respeito do tema. Dessa forma, o professor teve uma radiografia dos conhecimentos prévios dos alunos que o ajudou a elaborar uma intervenção educacional adequada. Na segunda fase, foi proposta uma experiência de “sensação térmica”, na qual os alunos perceberam que o sentido do tato é muito subjetivo e, com isso, não se pode estabelecer uma definição exata do estado térmico de um corpo, visto que este sentido nos dá uma impressão relativa da temperatura. Neste experimento, os alunos foram conduzidos a defrontar-se com conflitos cognitivos, os quais os levarão a estabelecer novas concepções. Na terceira fase, propusemos um experimento mais técnico, no qual os alunos foram levados a determinar, experimentalmente, valores dos “calores específicos sensíveis” de dois corpos metálicos distintos (cobre e alumínio). Para isso, foi usado um roteiro que os levou a pensar cientificamente e a seguir um método prático, com base nos

conhecimentos adquiridos nas aulas teóricas em sala. Dessa forma, os alunos foram estimulados a refletirem sobre o processo de produção de conhecimento científico em ensino de física através do processo de aula experimental. Os resultados da pesquisa estão representados através de gráficos e de análises a respeito de cada fase e atividade experimental.

Palavras-chave: Ensino de Física; Calor; Temperatura; Aprendizagem significativa; Aula Experimental.

ABSTRACT

In social life, people who did not have a formal education and those who had access to technical information in the academic environment, such as high school students often have divergent ways of understanding the concepts of Heat and Temperature as having the same meaning, pronouncing hot as a synonym for heat and temperature. Based on the semantic divergences and the students' previous conceptions regarding the concepts of heat and temperature, the research aims to propose a methodology based on historical, philosophical and experimental physics, so that the students of the discipline of Physics of High School can take effective ownership of these concepts, based on a meaningful pedagogy. This dissertation, methodologically, carried out bibliographical research on the theories of learning, the Constructivist Pedagogy of Piaget, the Active School of Dewey, the Meaningful Learning of Ausubel and, mainly, the Didactic Transposition according to Yves Chevallard. In addition to the aforementioned theoretical basis, it carried out laboratory empirical work, through the development of experimental classes on heat and temperature in three distinct phases with high school students. The educational product of the dissertation proposes a Didactic Unit in the perspective of a logical sequence of knowledge based on the constructivist theory of Ausubel. As a conclusion, the research signals to assertive didactic results from the three phases carried out in the research. The first was the exploratory phase, called the "pre-test", which served to guide teachers about the students' prior knowledge of the subject. In this way, the teacher had an X-ray of the previous knowledge of the students that helped him to elaborate an appropriate educational intervention. In the second phase, a "thermal sensation" experience was proposed, in which the students realized that the sense of touch is very subjective and, therefore, an exact definition of the thermal state of a body cannot be established, since this sense gives us a relative impression of temperature. In this experiment, the students were confronted with cognitive conflicts, which led them to establish new conceptions. In the third phase, we proposed a more technical experiment in which students were asked to experimentally determine values of the specific "sensitive heats" of two distinct metallic bodies (copper and aluminum). For this, a script was used that led them to think scientifically and to follow a practical method, based on the knowledge acquired in the theoretical classes in room. In this way, students were encouraged to reflect on the process of producing scientific knowledge in physics

teaching through the experimental lesson process. The results of the research are represented through graphs and analyzes regarding each phase and experimental activity.

Keywords: Physics Teaching; Heat; Temperature; Meaningful learning; Experimental class.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Sistema Didático (Chevallard, 1991, p. 28).	55
Figura 2: (a) Três cubas, (b) garrafa térmica, (c) caixa de gelo, (d) papel toalha, (d) Becker de 500ml.....	78
Figura 3: Disposição das cubas	78
Figura 4: Inserindo, inicialmente, as mãos no recipiente central.....	79
Figura 5: Inserindo as mãos nos recipientes laterais (água aquecida e água com gelo).	80
Figura 6: Inserindo novamente as mãos no recipiente central.	81
Figura 7: (a) e (b) Calorímetro, (c) Becker de 250ml e termômetro, (d) Balança digital, (e) Aquecedor elétrico e tela de amianto, (f) corpo de cobre e de alumínio..	82
Figura 8: Aquecimento da água.	83
Figura 9: (a)Medindo a massa do bloco; (b)Aquecendo o conjunto (água + corpo 1).	84
Figura 10: Medindo a massa da água.	84
Figura 11: Iniciado o processo de ebulição, é feita a medida da temperatura da água.	85
Figura 12: Retirada do corpo metálico da água fervente e inserindo no calorímetro..	86
Figura 13: Inserido o corpo metálico no calorímetro, espera-se atingir o equilíbrio térmico.....	86

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Ensino tradicional e Pedagogia Ativa.	43
Quadro 2: Objetivos das questões do pré-teste	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Análise percentual da questão 1 da atividade prévia	89
Tabela 2: Análise percentual da questão 2 da atividade prévia.....	90
Tabela 3: Análise percentual da questão 3 da atividade prévia.....	91
Tabela 4: Análise percentual da questão 4 da atividade prévia.....	92
Tabela 5: Análise percentual da questão 5 da atividade prévia.....	93
Tabela 6: Análise percentual da questão 6 da atividade prévia.....	94
Tabela 7: Análise percentual da questão 7 da atividade prévia.....	95
Tabela 8: Análise percentual da questão 8 da atividade prévia.....	96
Tabela 9: Análise percentual da questão 1 da atividade de sensação térmica.....	97
Tabela 10: Análise percentual da questão 2 da atividade de sensação térmica.....	98
Tabela 11: Análise percentual da questão 3 da atividade de sensação térmica.....	99
Tabela 12: Análise percentual da questão 5 da atividade de sensação térmica.....	100
Tabela 13: Análise percentual da questão 1 da atividade de calor sensível.....	102
Tabela 14: Análise percentual da questão 2 da atividade de calor sensível.....	103
Tabela 15: Análise percentual da questão 3 da atividade de calor sensível.....	105
Tabela 16: Análise percentual da questão 4 da atividade de calor sensível.....	106
Tabela 17: Análise percentual da questão 5 da atividade de calor sensível.....	107
Tabela 18: Análise percentual da questão 6 da atividade de calor sensível.....	108

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	17
1.1 MOTIVAÇÃO E PROBLEMATIZAÇÃO	18
1.2 OBJETIVOS	19
1.3 ESTRUTURA DESSA DISSERTAÇÃO	19
2 PRINCIPAIS CONCEITOS E EXPERIMENTOS DO CALOR E DA TEMPERATURA A PARTIR DE UMA PERSPECTIVA FILOSÓFICA E HISTÓRICA	21
2.1 O FOGO E AS PRIMEIRAS CONCEPÇÕES DE CALOR.....	21
2.2 CONCEPÇÕES EQUÍVOCAS ENTRE CALOR E TEMPERATURA EM UM CONTEXTO HISTÓRICO E FILOSÓFICO.....	24
2.3 CONCEITOS E USO DA TEMPERATURA: DO CALÓRICO AO CALOR.....	30
2.4 CONCEPÇÕES CONTEMPORÂNEAS DE CALOR E TEMPERATURA.....	32
3 CONCEITOS E TEORIAS DA APRENDIZAGEM NECESSÁRIAS EM UMA PERSPECTIVA DA TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA E DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	35
3.1 PEDAGOGIA CONSTRUTIVISTA EM PIAGET.....	36
3.2 PEDAGOGIA DA ESCOLA ATIVA EM DEWEY.	42
3.3 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA EM AUSUBEL.....	46
3.4 TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA EM CHEVALLARD.....	51
4 METODOLOGIA.....	57
4.1 CONTEXTO DA PESQUISA	60
4.2 SUJEITOS DA PESQUISA.....	61
4.3 FASES DA PESQUISA	61
5 ELABORAÇÃO E APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	66
6 PASSOS DA INVESTIGAÇÃO CIENTÍFICA.....	76
6.1 SENSAÇÃO TÉRMICA	77
6.2 CALOR ESPECÍFICO SENSÍVEL DOS METAIS.....	82
7 RESULTADOS DA INVESTIGAÇÃO QUE APONTAM PARA NOVAS POSSIBILIDADES NA PRÁTICA DO PROFESSOR QUE BUSCA A AUTONOMIA INTELECTUAL DO ALUNO	88
7.1 ANÁLISES E DISCUSSÕES DA ATIVIDADE 1 (ATIVIDADE PRÉVIA).....	88
7.2 ANÁLISES E DISCUSSÕES DA ATIVIDADE 2 (SENSAÇÃO TÉRMICA).....	96

7.3 ANÁLISES E DISCUSSÕES DA ATIVIDADE 3 (DETERMINAÇÃO DO CALOR ESPECÍFICO SENSÍVEL “c”).....	101
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	109
REFERÊNCIAS.....	113
APÊNDICES	116

1. INTRODUÇÃO

Desde os primórdios até os dias atuais, o fogo fascina o homem. A História conta que, em tempos primitivos, datados de 2,7 milhões de anos a 10.000 a.C., conhecido como Período Paleolítico, os homens eram submetidos a grandes variações térmicas, com invernos rigorosos de baixíssimas temperaturas, principalmente à noite, obrigando-os a se refugiarem em grupos nas pequenas cavernas, a fim de se aquecerem, motivados não por um conhecimento científico, mas por instinto. Nesse período, o homem conseguiu dominar o fogo, uma fonte quente, capaz de aquecê-los mesmo nas noites mais frias. Com o domínio do fogo, o homem primitivo se desenvolveu social e intelectualmente, tendo a transformação e a ingestão de alimentos cozidos com o calor proveniente do fogo como fatores relevantes.

A Filosofia, enquanto ciência do pensar, explica que, no desenvolver dos pensamentos filosóficos, os pensadores tentavam esclarecer a natureza das coisas, como nos propunha Empédocles de Agrigento (495 a.C-430 a.C.): tudo que existe na natureza é constituído pelos quatro elementos primordiais: terra, ar, fogo e água, isolados ou combinados em diferentes proporções. Já Aristóteles (384-322 a.C.) adotou a ideia dos quatro elementos e associou-lhes propriedades como umidade e secura, quentura e frieza.

Posteriormente, em meados do século XVI, d.C., os cientistas tentaram explicar o calor e a temperatura, que até o momento não se diferenciavam, através de teorias empíricas. Em determinados casos, conseguiam explicar alguns fenômenos. Nesse período que se estende do século XVI ao século XVIII foram desenvolvidas duas ideias a respeito do calor: a teoria mecânica do calor e o calor como um fluido.

A descoberta do fogo pelos primatas, assim como as conjecturas filosóficas dos gregos, são conhecimentos historicamente acumulados pelo homem. A difusão e a transferência desses conhecimentos para as próximas gerações são responsabilidades das escolas, das sociedades e das famílias. Nesse contexto de investigação, as escolas têm um papel social relevante pela educação formal de qualidade (científica). Com isso, assume o compromisso de desenvolver um processo de ensino e aprendizagem que valorize os conhecimentos prévios do aluno, para que ele tenha uma aprendizagem significativa dos conteúdos elaborados a partir de referências culturais e filosóficas historicamente produzidas pelo homem no decorrer do tempo.

1.1 MOTIVAÇÃO E PROBLEMATIZAÇÃO

No convívio social, pessoas que não tiveram uma instrução formal e aquelas que tiveram acesso às informações técnicas no meio acadêmico, como alunos do Ensino Médio, muitas vezes têm formas divergentes de entender os conceitos de Calor e Temperatura como tendo o mesmo sentido, pronunciando quente como sinônimo de calor e temperatura.

Apesar de terem algum contato com a teoria formal, a grande maioria prevalece com o senso comum, e este conhecimento, por sua vez, pode estar muito distante do conhecimento científico aceito pela comunidade científica. Dessa forma, o aluno do Ensino Médio, por uma questão histórica, em que os conteúdos científicos são trabalhados valorizando técnicas de memorização e aplicação matemática, possui uma grande dificuldade de interpretação científica no tocante aos conceitos de calor e temperatura. De um modo geral, as partes histórica, conceitual e experimental não são trabalhadas de forma harmônica nesse nível escolar. Além disto, muitas vezes, não dá tempo de o professor lecionar todo o conteúdo.

Nesse sentido, o resultado das ações mecânicas dos professores é consequência da prática de memorização, da aprendizagem tradicional que dispensa a cultura do pensar e do refletir, dos conceitos e das familiaridades com os conhecimentos prévios dos alunos e dos conhecimentos históricos construídos pelo homem no tempo.

Diante disso, um sistema curricular, didático e pedagógico com perspectivas de conhecimento literal e arbitrário cria dificuldades para o aluno desenvolver a aprendizagem significativa, segundo a teoria de aprendizagem de Ausubel (2003). Para essa teoria, todo professor, antes de planejar sua didática, precisa levar em conta algum conhecimento especificamente relevante já existente na estrutura cognitiva do sujeito que aprende.

A problemática inquiridora da pesquisa está centrada nos fenômenos que cercam os processos de aprendizagens significativas dos alunos da disciplina de Física no Ensino Médio voltados para os conceitos de calor e temperatura. Para isso, apontamos as seguintes questões: Por que os alunos consideram difícil se apropriar do conhecimento científico na disciplina de física? Que alternativas didáticas permitem que os alunos evoluam no pensamento após serem trabalhados conceitos de calor e

temperatura? É possível que o aluno defina e aplique no seu cotidiano os conceitos de física para além do senso comum?

Fatos como citados anteriormente, entre outros, poderão ser respondidos neste trabalho com o processo investigativo, proposto nas unidades didáticas e nas atividades experimentais.

1.2 OBJETIVOS

Objetivo geral:

O trabalho de pesquisa tem por objetivo propor uma unidade didática sobre os conceitos de calor e temperatura para estudantes da disciplina de física no ensino médio. Para tanto, serve-se de uma metodologia fundamentada na física histórica, filosófica e experimental, para que os alunos possam apropriar-se de forma científica dos referidos conceitos, baseando-se em uma pedagogia significativa.

Objetivos específicos:

I - Conhecer e analisar, historicamente e filosoficamente, os principais conceitos e experimentos de calor e temperatura.

II - Estudar e compreender os conceitos de teorias da aprendizagem em uma perspectiva da transposição didática e da aprendizagem significativa.

III - Construir e aplicar experimentos para trabalhar os conceitos de calor e temperatura.

IV - Elaborar uma unidade didática para o ensino de Física térmica e analisar os resultados desta investigação na perspectiva de apontar novas possibilidades na prática do professor que busca a autonomia intelectual do aluno.

1.4 ESTRUTURA DESSA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação foi desenvolvida em sete capítulos, cuja sequência proporciona uma base conceitual, filosófica, histórica, pedagógica e metodológica ao professor. Dessa forma, no decorrer das atividades a serem desenvolvidas, o professor terá condições de oferecer ao educando ferramentas para que ele, a partir de uma metodologia científica, possa entender, compreender e aplicar os conhecimentos de calor e temperatura no seu cotidiano.

No primeiro capítulo, tratamos da motivação e da problematização que levaram à escolha do tema da dissertação, bem como os objetivos que alvejamos.

No segundo capítulo, apresentamos uma ideia cronológica do desenvolvimento do pensamento humano que levou aos conceitos contemporâneos de calor e temperatura como conhecemos hoje, ou seja, neste capítulo, fizemos um breve histórico do pensamento filosófico-científico que, juntamente com a evolução humana e tecnológica ao longo do tempo, foram moldando os conceitos da termodinâmica.

No terceiro capítulo, proporcionamos ao professor uma base teórica da pedagogia da atividade, focado na perspectiva de transposição didática por meio da teoria da aprendizagem significativa, fornecendo ao professor uma sequência de conhecimentos relevantes para auxiliar no trabalho dos conceitos de sala de aula e do laboratório. A propositura teórica da presente pesquisa envolve as seguintes correntes de pensamento: a pedagogia construtivista de Piaget, a pedagogia da escola ativa de Dewey, a aprendizagem significativa de Ausubel e a transposição didática de Chevallard.

No quarto capítulo, foi descrito todo o procedimento metodológico, o cenário no qual foi realizada a pesquisa e o contexto social, econômico e cultural dos sujeitos protagonistas. Neste capítulo, descrevemos como foi elaborada a percepção dos sujeitos na fase exploratória em que se observaram as concepções prévias dos alunos sobre Calor e temperatura. Na primeira fase, também aplicamos o produto educacional por meio das práticas de laboratório trabalhadas, com o intuito de motivar o espírito investigativo e crítico dos estudantes.

No quinto capítulo, elaboramos uma Unidade Didática, na qual planejamos o conteúdo a ser ministrado em uma sequência articulada de conteúdo, buscando a aprendizagem por meio de encadeamento de atividades, orientados a partir dos objetivos que se pretende alcançar, respeitando as etapas e as capacidades dos alunos.

No sexto capítulo, descrevemos os passos da unidade didática, orientando o professor e dando sugestões para os experimentos de Sensação Térmica e Calor Específico sensível dos metais. Os resultados da ação pedagógica foram significativos e expressivos para os alunos.

No sétimo capítulo, fizemos um levantamento das respostas dos alunos no tocante aos questionários propostos nas atividades prévia e nos dois experimentos práticos. Esses resultados foram inseridos em um gráfico de barras e analisados por meio dos índices de acertos. O trabalho finaliza com a sistematização das considerações finais.

2. PRINCIPAIS CONCEITOS E EXPERIMENTOS DO CALOR E DA TEMPERATURA A PARTIR DE UMA PERSPECTIVA FILOSÓFICA E HISTÓRICA

O professor deve apresentar variadas situações experimentais em que o equilíbrio térmico ocorra como forma de explorar as relações entre calor e temperatura, uma vez que, na maioria das vezes, os alunos apresentam dificuldades conceituais acerca desses dois conceitos. É importante levar o aluno a entender que a transferência de energia térmica de um corpo para outro está associada à diferença de temperatura, que o corpo não possui calor, mas sim energia térmica, que a quantidade de matéria de qualquer dos dois corpos é determinante na quantidade de energia transferida e não no processo de transferência.

(Erivando Joter da Silva, 2007)

2.1 O FOGO E AS PRIMEIRAS CONCEPÇÕES DE CALOR

Segundo Gomes (2012), o fogo, desde sua descoberta, acompanha a vida do homem, provocando medo, respeito e admiração. Historicamente, a sociedade sabe que a utilização do fogo pelo homem, de modo voluntário, vem sendo empregado desde os primitivos a cerca de 300.000 mil anos. Ele era produzido por atrito entre galhos ou por batida entre pedras. Essas técnicas produziam faíscas que inflamavam folhas e madeira secas. A partir desse período histórico, o homem não conheceu nenhuma sociedade que tenha vivido sem manejar sua capacidade transformadora.

Sem o domínio sobre o fogo, o homem não teria fundido o cobre e o estanho, criando a liga de bronze. Dessa forma, não teria conseguido confeccionar diversos tipos de ferramentas, armaduras, armas brancas e instrumentos agrícolas. Ou seja, o desenvolvimento da tecnologia – e conseqüentemente das cidades – não teria acontecido se o homem não tivesse controlado o fogo. A civilização moderna não existiria do modo que a conhecemos. O homem sempre colocou o fogo em lugar de destaque em suas representações sobre a natureza. Em várias culturas encontramos lendas e mitos em que ele está presente (GOMES, 2012, p.1031).

Prova de que o tempo não para e o homem evoluiu cientificamente a partir dos seus conhecimentos prévios, Pádua, et al, (2009), aponta que, em meados do século XIX, por meio do estudo dos fenômenos ligados ao calor, a sociedade contemporânea começa uma nova abordagem científica baseada em princípios gerais que admitiram

estudar os sistemas físicos macroscópicos em sua totalidade. A teoria física resultante deste enfoque é chamada de Termodinâmica, denominação esta que significa literalmente movimento do calor. No entanto, o que é o calor?

A primeira afirmava que o calor era uma ‘vibração’ dos átomos que constituíam a matéria. Foi proposta em 1620, pelo filósofo inglês Francis Bacon (1561 – 1626). Ele observou um fato conhecido de todo ferreiro: fortes e frequentes marteladas produzem o aquecimento de um pedaço de ferro. Conhecia-se, igualmente, o método de obtenção do fogo pelo atrito. Bacon concluiu que o calor é um movimento interno das pequeníssimas partículas que compunham o corpo, onde a temperatura deste corpo dependia da velocidade de movimento dessas partículas. Esta hipótese recebeu o nome de *teoria mecânica do calor* e, foi, em grande parte, discutida e desenvolvida no período de 1711 a 1765 (PÁDUA et al, 2009, p. 04).

Segundo Pádua, et al (2009, p.04), na atualidade, a sociedade convive com uma definição mais precisa sobre calor. A termodinâmica, por exemplo, define o calor como uma configuração de energia que flui através dos limites de um sistema no instante em que ocorre uma “mudança de estado ou em virtude de uma diferença de temperatura entre o sistema e suas vizinhanças, fluindo de um ponto de temperatura mais alta para outro de temperatura mais baixa”. Falando em termos moleculares, o calor é nada mais que a transferência de energia integrada ao movimento desordenado das moléculas.

A segunda teoria era de natureza completamente distinta. Não fazia nenhuma menção a átomos e considerava o calor como um fluido sutil, batizado de *calórico*, que preenchia o interior dos corpos materiais (sólidos, líquidos e gases). Galileu foi adepto desta hipótese. De acordo com tal conceito, o calor é constituído por uma substância extraordinária capaz de se penetrar em todos os corpos e abandoná-los facilmente. A teoria do calórico foi estabelecida em definitivo pelo químico britânico Joseph Black (1728 – 1799) em 1760, que é considerado o *fundador da ciência da calorimetria*. (... o calor é evidentemente não passivo; ele é um fluido expansivo que dilata em consequência da repulsão subsistente entre suas próprias partículas.) (PÁDUA, et al, 2009, p.04).

Para os autores, de forma mais abreviada, a teoria do calórico se fundamentava nos seguintes pressupostos ou postulados:

O calórico é um fluido elástico que permeia as substâncias, sendo que suas partículas constituintes se repelem mutuamente e são atraídas pelos constituintes de outras substâncias. Durante um processo físico, o calórico não pode ser criado nem destruído sendo, portanto, conservado. Isto mostra que o calórico tem massa e que este se conserva durante um processo físico. Existem dois tipos de calórico: sensível e latente. O calórico sensível (livre ou perceptível) é a espécie de calórico cuja transformação está associada à

variação da temperatura. O calórico latente não está ligado à alteração da temperatura. Todo corpo (sistema) tem dentro de si uma quantidade de calórico denominada de calórico absoluto, que é a soma dos calóricos sensível e latente. O calórico sensível escoa de um corpo quente para um corpo mais frio, quando esses corpos são colocados em contato térmico (parede diatérmica) (PÁDUA, et al, 2009, p.05).

Pádua, et al, (2009, p.05) comenta que a teoria do calórico, antes de ser substituída pela compreensão do calor como uma forma de energia ali pela metade do século XIX, “alcançou grandes sucessos com os trabalhos de Jean-Baptiste Fourier (1768 – 1830) em 1822, Sadi Carnot (1796 – 1832), em 1824 e Émile Clapeyron (1799 – 1864) em 1834 (MENDOZA, 1960)”.

Segundo os mesmos autores, Fourier, por exemplo, estabeleceu as equações que propõem exatamente os fluxos de calor através de variadas substâncias. Além disso, desenvolveu técnicas matemáticas que permitem resolver tais equações que, de um modo geral, estão em uso até hoje.

Nesse contexto de descobertas e experimentações, os autores apontam que o físico Carnot, interessado pelo rendimento das máquinas térmicas e não pela natureza do calor, publicou o célebre trabalho intitulado de: *Reflexões sobre a Potência Motriz do Fogo*. Foi nessa pesquisa que, pela primeira vez, Carnot bancou a tentativa de uma abordagem racional da relação entre calor e trabalho. A história conta que este foi um desafio que ele carregou desde a juventude e lhe despertou interesses de pesquisa por longos anos.

No entanto, Carnot ainda hesitou entre o conceito de calor como fluido material e a noção de calor como resultado de movimentos moleculares. Parece que isto pode ser visto como uma justificativa para que ele não tenha iniciado suas pesquisas pelo estudo do equivalente mecânico do calor. Visou, fundamentalmente, a dissecar o mecanismo teórico de funcionamento das máquinas térmicas. Isso o conduziu à visualização do segundo princípio da Termodinâmica (PÁDUA, et al, 2009, p.05).

Os autores acreditam que Carnot ofereceu uma reconciliação parcial dos fenômenos da conversão e conservação com um argumento baseado na teoria do calórico. Os resultados desta análise obviamente delongaram a vida do calórico. Para eles, Carnot deu um passo adiante no nível de complexidade e sofisticação nas questões relativas ao calor, pois, introduziu múltiplos conceitos inovadores essenciais para eventuais esclarecimentos de alguns conceitos pré-clássicos. Ideias que, mais tarde, induziram substituição da teoria do calórico a duas primeiras leis da

Termodinâmica. Entre elas, encontram-se os conceitos de reservatório de calor - reservatório térmico e reversibilidade, assim como a exigência de uma diferença de temperatura para gerar trabalho a partir de uma interação com o calor. (PÁDUA, et al, 2009).

2.2 CONCEPÇÕES EQUÍVOCAS ENTRE CALOR E TEMPERATURA EM UM CONTEXTO HISTÓRICO E FILOSÓFICO

Segundo Silva (2013), os conflitos científicos quanto à natureza do calor, no século XVIII, não são apenas entre flogístico e calórico. Para Barnett (1946^a), havia ainda outras hipóteses defendidas por físicos e químicos que associavam a natureza do calor à natureza da luz para explicar fenômenos como o calor radiante.

Dentre as várias hipóteses que havia, destaca-se aquela que associava calor a movimento, como Lavoisier e Laplace relatam nas “Memórias sobre o calor” (*Memoi-re sur La Chaleur*, 1780). Nesta obra, os autores apresentam vários experimentos envolvendo calor e discutem duas das interpretações dadas na época, calor como movimento ou como substância, e qual a consequência para os fenômenos a serem estudados. Aqueles que defendiam o calor como movimento, em geral, adotavam uma visão corpuscular da matéria, sendo todos os corpos constituídos por partículas com interstícios vazios entre elas, o que as permitiam certo movimento vibratório. A luz seria também constituída de minúsculas partículas, que emanavam do Sol e de outros corpos luminosos, e assim explicavam fenômenos térmicos, além dos visuais (Silva, 2013, p. 519).

Dentro desse contexto de descobertas e inovações no campo da Física, Gomes (2012, p.1032) aponta que os estudos quantitativos sobre os fenômenos relacionados com o aquecimento e com o resfriamento dos materiais somente foram possíveis depois da invenção do termômetro. Para o autor, antes disso, foram “construídos vários dispositivos de característica lúdica, conhecidos como termoscópios, sistemas que mostravam a relação existente entre o aquecimento e a expansão de um fluido, mas sem ainda uma escala de medida”.

Segundo Bassalo (1992), apesar de certo número de médicos dos primeiros séculos da Era Cristã terem arriscado representar numericamente os diferentes graus de temperatura entre o quente e o frio, foi tão-somente na Idade Moderna que foram desenvolvidos aparelhos mais precisos a fim de medir esses graus de temperatura.

Com efeito, o primeiro deles foi construído pelo físico italiano Galileu Galilei (1564-1642), em 1592. Era um tubo de vidro, com uma extremidade esférica, no qual era depositada água colorida (ou Gomes, L. C. 1033 espírito de vinho) até sua metade, e o bulbo colocado para cima, em um recipiente contendo a mesma água colorida. Dessa forma, a coluna de água no tubo se moveria para cima e para baixo, em consequência da expansão térmica do ar contido no tubo. No entanto, esse dispositivo apresentava duas limitações. Como ele estava em contato com o ar, a pressão atmosférica, até então desconhecida, alterava profundamente os resultados. Por outro lado, como Galileu não utilizou nenhuma escala termométrica, o seu aparelho era simplesmente um termoscópio (BASSALO, 1992, p. 852).

A partir do ressurgimento do termoscópio com Galileu, novos aprimoramentos foram desenvolvidos. O médico italiano Santorio (1561-1636), colega de Galileu, aplicou o termoscópio para detectar a febre em seus pacientes, reconhecendo a necessidade de pontos de medida no aparelho. Ele registrou o nível que a coluna de água do tubo atingia quando em contato com o gelo fundido e com a chama de uma vela e, em seguida, dividiu o intervalo em 110 partes iguais. Além disso, o médico utilizou o álcool como substância termométrica, pois, o seu ponto de congelamento é mais baixo do que o da água. Desse modo, o aperfeiçoamento do termômetro possibilitou a diferenciação entre os conceitos de temperatura e calor por Joseph Black. (BASSALO, 1992).

Tal perspectiva do calor reporta as primeiras concepções de fogo feitas pelo homem primata. Diferentemente dessa era, os gregos antigos ampliaram tais concepções entre fogo e calor.

[...] Parece que foram os gregos antigos os primeiros a se preocuparem com sua explicação. Assim é que, o filósofo Platão (c.428-c.348) em seu livro *Timaeus* acreditava que o fogo heraclítico tinha a forma tetraédrica. Já os filósofos atomistas Demócrito de Abdera (c.470-c.380) e Leucipo de Mileto (c.460-c.370) admitiam que o átomo de fogo era esférico. Contudo, para o filósofo Aristóteles de Estagira (384-322), os elementos essenciais do Universo seriam: frio (tò psychrón), quente (tò thermón), úmido (tò hydrón) e seco (tò xerón), sendo o fogo resultado da mistura entre o quente e o seco (BASSALO, 1992, p. 910).

Para Gomes (2012, p.1032), tal consideração filosófica permite estudar o fogo sobre vários aspectos, pois ele participa de muitos fenômenos físicos e químicos que interferem na vida do homem e facilita a sua vida. Segundo o autor, a presença do Sol, assim como sua ausência, fez com que o homem refletisse sobre os processos de aquecimento e de resfriamento.

Segundo Gomes (2012), foi Francis Bacon, em 1620, e os membros da Academia Florentina, por volta de 1650, que apontaram evidências para distinguir

entre temperatura e calor. Black foi quem fez a distinção clara, concebendo o calor como uma quantidade física mensurável, diferenciando-o da quantidade indicada por um termômetro, embora houvesse uma relação entre elas. Black afirma que, mesmo sem a ajuda de termômetros, não é difícil de perceber que o calor se difunde do corpo mais quente para o mais frio, até ser distribuído de tal forma que se atinja um estado de equilíbrio.

Para o autor, a concepção do calor como uma substância estava em conformidade com o conceito filosófico de conservação da matéria aceito na época. Nos experimentos com misturas, o calor não poderia ser criado nem extinguido, a quantidade de calor permaneceria constante. A mesma hipótese a respeito do “princípio de conservação do calor” já tinha sido feita por Brook Taylor em seus experimentos que abarcavam misturas de volumes diferentes de água quente e fria. O complemento de Black (1803) foi generalizar a ideia para quaisquer misturas de distintos líquidos e volumes. (GOMES, 2012, p.1037).

Desse modo, ele mostrou que, apenas para misturas de um mesmo líquido, a quantidade de calor necessária para aumentar ou diminuir de um mesmo valor a temperatura das substâncias envolvidas é diretamente proporcional às suas quantidades de matéria, ou aos seus pesos, ou, sendo os volumes iguais, às suas densidades (GOMES, 2012, p.1037).

De acordo com Gomes (2012, p.1038), o pesquisador Black (1803) realizou diferentes estudos que abordaram a mudança do estado físico de uma substância. Os resultados de suas ideias permitiram criticar a teoria que defendia a proposição que, quando um “corpo sólido se encontrava em sua temperatura de fusão, uma pequena quantidade de calor era suficiente para derretê-lo completamente, sendo necessário para o processo inverso apenas uma pequena diminuição da quantidade de calor”. Tal crítica se fundamentava na observação de que, em regiões montanhosas que existem gelo e neve, ocorreriam derretimentos provocando inundações, pois, entre o inverno e o verão sucederiam derretimentos repentinos. Isso não ocorre, visto que, o calor decorrente do verão não é suficiente para ocasionar tal fenômeno.

Na compreensão de Gomes (2012, p.1040), em todos os exemplos citados por Francis Bacon (1620), o aumento da temperatura tinha como única fonte um impacto mecânico. Portanto, uma conclusão plausível era de que a força mecânica produziu no objeto um movimento que seria a causa de seu aquecimento. “Black (1803) esclarece que esse eminente filósofo conseguiu um grande número de seguidores

sobre esse assunto, contudo seu parecer foi aprovado com duas diferentes modificações”. No meio filosófico inglês, havia uma grande simpatia por essa ideia, entendida enquanto movimento das pequenas partículas que compunham o corpo. No entanto, grande parte dos filósofos franceses e alemães da época sustentou que a hipótese do movimento que compõe o calor não é um tremor ou vibração das partículas do corpo quente em si, mas das partículas de um sutil, altamente elástico, e penetrante fluido material que está contido nos poros dos corpos quentes ou interposto entre suas partículas. (GOMES, 2012).

Morris (1972, p. 33) nos informa que a característica de movimento estava ausente nas teorias materiais de calor discutidas durante essa época. Isso resultou em um enfraquecimento nas explicações de produção mecânica do calor, uma fragilidade que não estava presente nas teorias materiais de calor anteriores e que Conde Rumford explorou em sua tentativa fracassada de reviver uma teoria vibratória, em 1798. A maioria dos escritores simplesmente ignorou a questão do movimento do calor. Os poucos que argumentaram contra disseram apenas que pelo fato do calor ser matéria, não deve possuir uma propriedade que não é característica da matéria em geral (GOMES, 2012, p.1040, 1041).

Do mesmo modo, Gomes (2012) esclarece que a concepção de Antoine-Laurent de Lavoisier sobre a natureza do calórico não foi a mesma durante sua trajetória de investigação. Quem aponta elementos dessa ideia é Morris (1972) ao afirmara que:

Modificando suas declarações anteriores de que o calórico existia em dois estados, livre e combinado, ele concluiu que o calórico pode existir livre, aderente, ou combinado "molécula a molécula" com os constituintes elementares de outras substâncias. No entanto, é facilmente visto que o calórico é sempre mais ou menos aderente às substâncias, e 'que ele deve, portanto, existir em variadas degradações e estados intermediários, entre o estado de calórico perfeitamente livre e o combinado'. Combinado e livre, assim, marcam os limites de um continuum de relações possíveis (MORRIS, 1972, p.25).¹

Gomes (2012) argumenta que, em seu discurso, Morris (1972) considerava que as partículas da matéria ordinária são constantemente expostas a duas forças contrárias – a repulsão originária do fluido calórico e a atração proveniente da força gravitacional. A introdução ou a retirada do calórico altera o equilíbrio entre essas forças, tanto por alterar a quantidade de calórico como por separar mais as partículas,

¹ Tradução de Gomes (2012).

sendo essa a explicação de diversos fenômenos físicos e químicos. Segundo Morris (1972, p.15), Lavoisier acreditava que o “equilíbrio entre as forças opostas do calor e da atração oferece um meio preciso para determinar a força dessa última”. Desse modo, expõe sua crítica no sentido de ampliar as possibilidades no campo da Física ao afirmara que: “espero que um conhecimento completo da atração permita um dia ao matemático calcular os fenômenos químicos da mesma maneira que agora calcula o movimento dos corpos celestes”. O que levou Lavoisier, mais tarde, a admitir que esse fluido sutil fosse apenas uma hipótese.

É muito importante, para a compreensão da teoria, verificar o seu poder explicativo em ação. Ponderamos não ser necessária uma análise pormenorizada das diversas explicações que cada “calorista” dava sobre os fenômenos físicos em que o calórico se fazia presente. Pois, apesar de não haver uma homogeneidade de pensamento, há uma concordância nos principais pontos. Assim, consideramos essencial apenas uma síntese das ideias mais importantes. Nesse caso, optamos por apresentar como esse assunto era tratado por alguma obra de divulgação científica de renome da época. O livro escolhido foi o “Conversations on chemistry: in which the elements of that science are familiarly explained and illustrated by experiments”, de Jane Marcet. Segundo Pulido e Silva (2011) e Baldinato (2009), ele foi considerado um dos textos de divulgação da ciência de maior credibilidade e mais lido do século XIX (GOMES, 2012, p.1045).

Gomes (2012, p.1056) afirma que a teoria do calórico foi alvo de muitas críticas. Entre seus defensores, está o Conde Rumford ao trabalhar na perfuração de canhões na Baviera. O Conde Rumford teve a intuição sobre a natureza dinâmica do calor, a sua mais famosa contribuição à ciência. Diferente do que se divulgam nos livros didáticos, seus experimentos não foram decisivos para provar que o calórico não existia.

Para Gomes (2012, p.1059), o fato de o calor poder ser produzido por atrito era conhecido há muito tempo pela comunidade científica. A contribuição de Rumford foi perceber que um estudo mais aprofundado sobre o motivo de uma grande quantidade de calor ser causada pela perfuração dos canhões poderia lançar uma nova luz sobre a sua natureza oculta. Estritamente falando, a demonstração de Rumford de que as lascas e as partes maiores do metal têm o mesmo calor específico, à mesma temperatura, não constituía uma refutação completa da explicação dos caloristas de como o calor era desenvolvido por atrito. Segundo Gomes (2012), os argumentos de Rumford não foram suficientes para por fim à teoria do calórico, como apregoam muitos livros didáticos de Física. Para Fox (1971):

Na década de 1800-1810, a teoria do calórico foi provavelmente mais amplamente aceita do que em qualquer outro momento de sua história. O questionamento da materialidade do calor, que tinha sido realizado na virada do século, não só por Rumford, mas também, como veremos, por Humphry Davy e Thomas Young, teve resultado extremamente pequeno, e a visão de que '[calor] é quase universalmente considerado o efeito de um fluido' foi a que a maioria dos homens de ciência considerou aceitável em 1800, em 1810, ou mesmo em 1815, tanto quanto tinha sido em 1797, quando apareceu na terceira edição da Encyclopaedia Britannica, pouco antes de Rumford, Davy, e Young exporem as suas críticas [...] (FOX, 1971, p.104).²

Medeiros (2009) aponta outra minúcia em relação à teoria dinâmica do calor. Segundo ele, a teoria do calor também sofria ataques dos caloristas no sentido de que ela tinha certa dificuldade em explicar como o calor se propagava no vácuo.

[...] derrubar uma dessas teorias não era nada simples. As pessoas costumavam pensar que bastava colocar um defeito em uma teoria para que ela caísse. Mas isso é ingênuo, porque, no nosso caso, mesmo que uma teoria não explicasse um certo fenômeno, ela explicava bem uma série de outros fenômenos. Cada teoria era complexa como uma estrutura. Você mexia aqui, e ela balançava ali, sacou? E ainda tinha a questão dos contra-ataques (MEDEIROS, 2009, p. 12).

De acordo com Fox (1971, p.02), os questionamentos e dúvidas sobre quais foram as principais causas que fizeram com que a teoria do calórico fosse abandonada, ainda não foram respondidos de forma satisfatória pelos historiadores da ciência. Para o autor, há rejeição dessa hipótese, a partir de 1815. Segundo Brush (1988, p. 228), devido à descoberta do princípio da conservação da energia, à aceitação generalizada da teoria ondulatória da luz e das evidências de que as forças repulsivas intermoleculares não eram as responsáveis pela pressão de um gás (ideia essa associada ao calórico), essas foram as causas da rejeição da teoria do calórico.

[...] o resultado na década de 1820 não foi uma virada brusca para nossa teoria moderna vibracional, mas um período de agnosticismo largamente reconhecido no que diz respeito à natureza do calor, um período que se prolongou até a teoria do calórico ser finalmente abandonada por volta de 1850. Em virtude desse agnosticismo, não é de se surpreender que a teoria do calórico não foi um alvo fácil para os conservacionistas da energia; no meio do século ainda era tecnicamente a teoria prevalecente do calor, embora convencesse muito pouco (FOX, 1971, p.3, 4).

² Tradução de Gomes (2012).

Segundo Gomes (2012, p.1064), apesar de não haver uma “unanimidade quanto aos fatores primordiais que abalaram a teoria do calórico”, os pesquisadores aderem à ideia de que o aparecimento da conservação da energia, trocando a conservação do calórico, foi o ponto nerval para a mudança. Outro fator de grande importância pode ter sido o cálculo do equivalente mecânico do calor realizado por Mayer e Joule, no qual o experimento de Joule estabeleceu que o trabalho realizado pela força da gravidade era convertido em um aumento de energia interna na água. Com isso, o conceito de energia foi se consolidando e, a partir do fim da década de 1840, pôde servir como elemento de ligação entre a mecânica e a termodinâmica.

2.3 CONCEITOS E USO DA TEMPERATURA: DO CALÓRICO AO CALOR

Pulido e Silva (2011, p.52) observam que a literatura comprova que o calor é um conceito que costuma representar certo enigma para o aluno, na medida em que este traz ideias prévias sobre temperatura e calor ligadas à forma de como se expressam sobre esses fenômenos no cotidiano: “O calor é uma substância”; “Tanto o calor quente como o calor frio têm existência real”; “O calor é proporcional à temperatura”.

Essas concepções já vigoraram na comunidade científica, o que torna o conceito especialmente interessante para o uso que queremos dar. Para Jane Marcet, o calor era a “ação produzida pelo calórico sobre os seres vivos”, e o frio, apenas a ausência de calórico, sem existência real. O calórico era definido como um fluido imponderável, assim como estabelecido por Lavoisier, que o colocou como uma das quarenta e cinco substâncias elementares que formariam todos os materiais. Em contrapartida, os experimentos de Thomson (o conde Rumford), em 1798, e os de Davy, em 1799, sugerem que o calor não tem existência material, mas pode ser criado por atrito, indicando uma relação entre energia térmica e cinética (PULIDO & SILVA, 2011, p.56).

Da mesma forma, Silva (2013, p.511) aponta que, no final do século XVIII, alguns filósofos já haviam se envolvido com as medições de temperatura e, com isso, desenvolveram uma variação de termômetros de diferentes usos. Com o aumento da precisão dessa ferramenta e a adoção de escalas padrão, os estudos de variação de temperatura de substâncias puras e de misturas em distintos estados de aquecimento e resfriamento trouxeram importantes contribuições na busca pelo entendimento da natureza do calor, assim como a explicação de tais fenômenos. “É o caso dos estudos realizados por Joseph Black sobre calor específico e calor latente. Na leitura de suas

obras *Lectures on the elements of chemistry* sobre a medida do calor específico e latente, fica evidente a ideia do calor como uma quantidade de algo”.

Segundo Pulido e Silva (2011, p.57), tais concepções já vigoraram na comunidade científica, o que torna o conceito especialmente interessante para a discussão acadêmica. Na compreensão de Jane Marcet, o calor era a “ação produzida pelo calórico sobre os seres vivos”, sendo que o frio era tão-somente a ausência de calórico, sem existência real. “O calórico era definido como um fluido imponderável, assim como estabelecido por Lavoisier, que o colocou como uma das quarenta e cinco substâncias elementares que formariam todos os materiais”. (PULIDO & SILVA, 2011).

Já Davy utilizou mecanismos bastante elaborados, isolados do ambiente e capazes de atritar dois pedaços de gelo, que se fundiam nesse processo. Com isso, ele deduziu: que o aumento de temperatura não poderia ser atribuído à diminuição da capacidade térmica do material, induzida pelo atrito, já que a água possuiu capacidade térmica maior que a do gelo; que o aumento da temperatura não poderia ser consequência da decomposição química da água, pois não se observava alteração química do material; e que o calor necessário para fundir o gelo não era matéria, pois não poderia ter havido troca de matéria com o ambiente. Portanto, a fricção causava alguma alteração na matéria. O debate entre as duas vertentes (calor como fluido ou como resultado da agitação das partículas) se estenderia pelo menos até meados do século XIX (PULIDO & SILVA, 2011, p.57, 58).

Para Silva (2013, p. 521), “todas as variações de calor, sejam reais, sejam aparentes, que ocorrem num sistema de corpos levando a uma mudança de estado, se repetem na ordem inversa, fazendo com que o sistema de corpos volte ao estado inicial”. Segundo Lavoisier (1780, p.228), para o caso do calor como movimento, o calor latente corresponderia à variação da quantidade de movimento de toda a matéria sutil, até que houvesse a mudança de estado. Na compreensão de BROWN (1951), nesse caso, não haveria o aumento da temperatura porque a força viva necessária para iniciar esta mudança (calor sensível) já teria sido transferida, ocorrendo apenas a variação da quantidade de movimento. Para o calor como fluido, haveria a penetração do fluido por toda a matéria, afastando ou aproximando as moléculas, até que isso ocorresse por todo corpo, modificando seu estado. (SILVA, 2013).

Sem optar por nenhuma das hipóteses, Lavoisier e Laplace (1780) determinam experimentalmente o calor específico de várias substâncias e apresentam experimentos envolvendo capacidade calorífica. Ou seja, para o caso de experimentos de calorimetria, não havia diferença se a natureza do

calor seria movimento ou fluida, apesar dos autores não explicitarem, neste trabalho, como ocorreria no caso do calórico. No entanto, em 1789, na obra *Traité élémentaire de chimie*, Lavoisier irá se declarar um adepto da hipótese fluida, adotando o calórico como responsável pelas mudanças físicas e químicas (SILVA, 2013, p.521).

Porém, Silva (2013, p.521) aponta, enquanto reflexão, a hipótese sobre o calórico parecer uma ideia tão completa, permanecendo aceita por tanto tempo. Em contrapartida, haviam argumentos dos físicos Lavoisier e Laplace para a teoria do calor como movimento durante o século XVIII. Dessa forma, o calórico explicava o que o flogismo não conseguia, como as reações químicas que ocorriam na combustão e calcinação. Além disso, esclarecia alguns fenômenos físicos como a dilatação dos corpos quando sujeitos a uma fonte de calor, às mudanças de estados físicos, ao calor específico da substância entre outros. O calórico também foi a hipótese considerada por Carnot no estudo das máquinas térmicas e sua eficiência.

2.4 CONCEPÇÕES CONTEMPORÂNEAS DE CALOR E TEMPERATURA

Silva (2007, p.35) esclarece que a medição de unidades das grandezas físicas demanda de definições em um Sistema de Unidades, no caso da temperatura, o Sistema Internacional de Unidades (SI). “Nesse sistema, a temperatura se constitui como uma das sete unidades que formam a base de outras unidades e está definida em Kelvin. Por conseguinte, um Kelvin corresponde à fração de $1/273,16$ de temperatura termodinâmica do ponto triplo da água”. Essa definição foi concretizada pela 13ª Conferência Geral de Pesos e Medidas (CGPM) no ano de 1967, tendo primeiramente sido fundamentada no ano 1954. (SILVA, 2007).

Segundo Hewitt (2002), toda matéria existente na natureza encontra-se em umas das formas dos estados de agregação, uma vez que ela é formada por átomos e moléculas que estão em constante agitação. Esse estado determina em que condição se encontra a matéria, pois, caso a mesma esteja no estado sólido, as forças de coesão entre as moléculas são intensas, permitindo somente vibrações ligeiras em torno de uma posição média.

Estando no estado líquido, essas forças serão menores do que no sólido, no entanto com um grau de liberdade ainda restrito. Já no gasoso, as forças de coesão são extremamente fracas, permitindo a livre movimentação. Dessa forma, o estado da matéria é determinado conforme a rapidez com que os átomos e as moléculas se

movem, resultando em uma energia cinética média das partículas que apresentará o quanto quente alguma coisa será sentida. (HEWITT, 2002).

Experiências realizadas mostram que quando aumenta ou diminui o grau de agitação dos átomos ou moléculas do objeto de estudo, ele fica aquecido ou desaquece, como, por exemplo, quando se bate um pedaço de metal com um martelo, quando põe um líquido sob uma chama ou até mesmo quando se comprime ou descomprime um gás. Por conseguinte, quando um objeto sólido, líquido ou gasoso fica quente, seus átomos ou moléculas passam a se movimentar mais rapidamente, e com isso aumenta a sua energia cinética média (HEWITT, 2002, p. 268).

Silva (2007, p.36,37), em sintonia com o pensamento de Hewitt (2002), aponta para uma questão que se faz repetidamente: “A temperatura é uma medida da energia cinética total de uma substância?” Segundo Silva (2007), “para Hewitt (2002), a resposta é falsa já que a temperatura é uma medida da energia cinética translacional média, responsável pelo movimento molecular de um lado para o outro, e não a energia cinética média total, como alguns pensam”. Dentro dessa perspectiva, “para considerar que a energia cinética responsável pela medição seja a total, deve-se incluir a energia cinética translacional, e somarem-se, também, as energias cinéticas rotacional e vibracional que fazem as moléculas rolarem e vibrarem, respectivamente”.

De acordo com Hewitt (2002):

O efeito da energia cinética translacional versus a energia cinética rotacional e vibracional é verificado drasticamente em um forno de microondas. As microondas que bombardeiam a comida fazem com que determinadas moléculas da comida, principalmente as de água, oscilem invertendo sua orientação de um sentido para o outro, com uma energia cinética rotacional considerável. Porém as moléculas que oscilam não cozinham de fato a comida. O que eleva a temperatura e cozinha efetivamente a comida é a energia cinética translacional comunicada às moléculas vizinhas que ricocheteiam nas moléculas oscilantes de água (HEWITT, 2002, p. 269).

Da mesma forma, Junior, Ferraro e Soares (2002, p.20) sustentam a ideia acima, a partir de experiências que justificam a comprovação de considerações sobre fenômenos ocorridos com dois recipientes contendo gás, por exemplo. Segundo os autores, as partículas constituintes do gás estão em movimento desordenado, fenômeno conhecido por agitação térmica. “Cada partícula é dotada de agitação própria, resultando numa energia cinética translacional própria. Caso se somem todas as energias cinéticas de cada partícula, dar-se-á como resultado a energia térmica total, ou energia cinética total” (JUNIOR, FERRARO E SOARES, 2002).

O aumento da agitação térmica aumentará a energia térmica, e também a temperatura. Se interligar os dois recipientes, tendo as moléculas o mesmo grau de agitação, mudará apenas a energia térmica total, uma vez que aumentará o número de partículas, porém não haverá nenhuma mudança na agitação térmica e, conseqüentemente, a temperatura do sistema único será a mesma. Conforme esses autores (idem), a temperatura pode ser entendida como sendo uma medida do nível energético dos sistemas: dois corpos podem apresentar temperaturas iguais (mesmo nível energético), mas possuírem energias térmicas totais diferentes (JUNIOR, FERRARO & SOARES, 2002, p.20).

Mortimer & Amaral (1998, p.30) afirmam que a literatura descreve três particularidades básicas das concepções de calor e temperatura apresentadas por alunos. Tais conceitos estão fortemente relacionados ao modo como as pessoas se expressam sobre esses fenômenos na vida cotidiana: “O calor é uma substância”; “Existem dois tipos de calor: o quente e o frio”; “O calor é diretamente proporcional à temperatura”. Para Mortimer & Amaral (1998):

A ideia de que o calor é diretamente proporcional à temperatura tem sua origem na maneira como lidamos com ‘calor’ na vida cotidiana. As expressões ‘faz muito calor’, ‘calor humano’ etc. são exemplos de como essa ideia está arraigada na linguagem cotidiana. Afinal, só falamos que ‘faz muito calor’ quando a temperatura está alta. Essas ideias fazem com que os conceitos de calor e temperatura sejam muitas vezes considerados idênticos (MORTIMER & AMARAL, 1998, p.30).

Verifica-se, então, que é uma prática popular estabelecer parâmetros conceituais a partir do senso comum. Há nesse contexto a prática de usar o corpo como um termômetro em várias circunstâncias do dia a dia. A mãe, por exemplo, sabe avaliar se o leite da mamadeira do bebê está na temperatura ideal pingando algumas gotas no dorso da mão. De modo análogo, sabe avaliar se o filho está febril ou não, colocando a palma da mão sobre a testa da criança. Porém, as sensações térmicas medidas ou sentidas por com esses métodos são passíveis de erros, visto que a temperatura é definida pela medida do grau das moléculas do objeto, ou seja, a temperatura é a grandeza que caracteriza o estado térmico de um corpo ou sistema.

3. CONCEITOS E TEORIAS DA APRENDIZAGEM EM UMA PERSPECTIVA DA TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA E DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

A aprendizagem significativa é o mecanismo humano, por excelência, para adquirir e armazenar a vasta quantidade de ideias e informações representadas em qualquer campo de conhecimento.

(David F. Ausubel, 1963)

A teoria é um pensamento motivador e transformador, principalmente, no modo de ver as coisas, de explicar os fenômenos, observar e apontar soluções para determinados problemas. Ela, de um modo geral, é uma interpretação sistemática e particular de uma determinada área de conhecimento.

Do mesmo modo, a aprendizagem pode ser compreendida como uma mudança comportamental frente às experiências de vida, uma capacidade humana de usar o conhecimento na resolução de problemas. Além disso, a aprendizagem se caracteriza também pela busca de novos significados, novas estruturas cognitivas que se baseiam em experiências do organismo em situações diversas.

Prontamente, as teorias da aprendizagem são compreendidas como construções humanas para explicar sistematicamente o campo de conhecimento determinado de aprendizagem. Da mesma forma, podemos entendê-la como tentativas particulares de interpretar metodicamente, reorganizar e prognosticar conhecimentos sobre novos conceitos.

Assim, compreendemos que, no contexto formal de aprendizagem, o aluno terá a oportunidade de vivenciar todas as etapas do seu desenvolvimento. A partir dos elementos constitutivos das teorias da aprendizagem, ele, no decorrer do processo educativo formal, passa pelos caminhos conhecidos como: Aprendizagem cognitiva que deriva do armazenamento organizado de informações no pensamento do sujeito que aprende. Aprendizagem afetiva que brota de sinais internos ao sujeito e pode ser identificada como experiências em nível de prazer e dor, satisfação ou descontentamento, alegria ou ansiedade. E por fim, a aprendizagem psicomotora que abarca respostas musculares adquiridas mediante treino e prática. Nesse sentido, as teorias da aprendizagem se articulam no contexto formal de educação para dar sentido e significado ao processo de desenvolvimento do conhecimento, entendido como teoria da aprendizagem significativa do aluno.

3.1 PEDAGOGIA CONSTRUTIVISTA EM PIAGET

Os conhecimentos não se empilham não se acumulam, mas passam de estados de equilíbrio a estados de desequilíbrio, no transcurso dos quais os conhecimentos anteriores são questionados. Uma nova fase de equilíbrio corresponde então a uma fase de reorganização dos conhecimentos, em que os novos saberes são integrados ao saber antigo, às vezes modificado.

(Roland Charnay, 1996)

Entre as teorias da aprendizagem modernas e também contemporâneas, destacamos a teoria construtivista de Piaget (1982), pela pertinência com que suas preocupações epistemológicas, culturais e biológicas têm sido experimentadas e aplicadas no contexto educacional, em particular, no campo da Didática. De um modo geral, estudiosos defendem que Piaget não desenvolveu especificamente uma teoria da aprendizagem, porém, sua teoria epistemológica sobre como se desenvolve o conhecimento alcançou notado reconhecimento na área educacional formal.

O enfoque construtivista de Piaget (1982) aponta caminhos e respostas às questões sobre a natureza da aprendizagem. Todo esse processo se dá à luz de sua epistemologia genética, na qual o conhecimento do sujeito se constrói passo a passo, no alcance que as estruturas mentais e cognitivas se organizam. Um processo que se desenvolve de acordo com os estágios de desenvolvimento da inteligência humana. Seus conhecimentos sobre o desenvolvimento da autonomia, cooperação, criatividade e atividade centrados no sujeito influenciaram e continuam a influenciar práticas pedagógicas predominantemente construtivistas.

Entre suas características, o construtivismo defende que o conhecimento e todo o processo educacional são construídos a partir de diferentes realidades sociais. Desse modo, em uma perspectiva construtivista, as interações ou as respostas do aluno é que interessam. Nesse contexto teórico, o professor assume a postura de instigar e criar situação-problema para os alunos. Na perspectiva construtivista do ensinar, o processo desloca-se para o ato de aprender por meio da construção de um conhecimento prévio ou não, realizado pelo aprendiz. Esse sujeito passa a ser percebido como um agente crítico e autônomo e não como um ser passivo, pois, não recebe e absorve acriticamente o que lhe é instigado a aprender.

Para Becker (1993), o construtivismo significa:

A ideia de que nada, a rigor, está pronto, acabado, e de que, especificamente, o conhecimento não é dado, em nenhuma instância, como algo terminado. Ele se constitui pela interação do indivíduo com o meio físico e social, com o simbolismo humano, com o mundo das relações sociais; e se constitui por força de sua ação e não por qualquer dotação prévia (BECKER, 1993. p. 88).

Desse modo, o conhecimento humano vem sendo estudado ao longo de toda a história da humanidade. Por isso, as teorias da aprendizagem são tão importantes nesse processo construtivo do pensar e do criar, visto que o inacabamento é característica particular do ser humano nesse universo de transformações onde o sujeito é capaz de criar e elaborar conhecimento.

Para Freitag (1993), historicamente falando, o construtivismo piagetiano fundamenta-se nos princípios do Iluminismo. Com isso, defende que a filosofia iluminista prescreve o homem como um ser dotado de razão, no entanto, defende que a razão não é transmitida geneticamente, mas uma potencialidade que precisa se desenvolver na transcorrência da vida. Freitag (1993) complementa que a construção do conhecimento humano, pelo uso da razão, tem o desígnio de alcançar os estágios mais elevados do pensamento lógico, da crítica e da argumentação. Para isso, é imprescindível haver reciprocidade na difusão e na compreensão das ideias defendidas pelo outro.

O pressuposto filosófico do Construtivismo é, de fato, um pressuposto iluminista. Sem a razão, teríamos a desrazão, teríamos a loucura, teríamos a impossibilidade de pensar o mundo, de ordenar, de construir uma visão, uma concepção sobre o mundo, da natureza e o mundo social, ou seja, a sociedade. Portanto, existe implícito no Construtivismo um postulado que eu chamaria de universalismo cognitivo. Potencialmente, o homem é um ser dotado de razão. Ou seja, ele tem um potencial cognitivo de pensar o mundo, de reconstruir no pensamento, nos conceitos, o mundo da natureza e de ordenar o mundo (inclusive o mundo social), com o auxílio de critérios racionais (FREITAG, 1993. p.28).

Por pensar o homem dotado de razão, Piaget (1982), a partir de uma perspectiva cognitivista, defende que o pensamento é, antes de tudo, adaptação ao meio. Esta característica se refere ao equilíbrio racional entre o organismo e o meio ambiente, resultante de uma interação entre assimilação e acomodação. A adaptação intelectual ocorre quando há o equilíbrio de ambas a partir de princípios elaborados pela razão. Para Piaget (1982) e para nossa compreensão, a assimilação e a acomodação são os engenhos da aprendizagem.

Dessa forma, a obtenção do conhecimento cognitivo acontece sempre que um novo dado é assimilado à estrutura mental existente, sem que haja ruptura entre a nova informação e o velho conhecimento. A acomodação provoca modificações de conceitos sobre determinado conhecimento, permitindo um processo contínuo de renovação interior.

No processo de aprendizagem formal, a partir do conceito de assimilação e acomodação, é possível o professor avaliar as mudanças qualitativas e quantitativas do aluno em seu crescimento intelectual, mediante a incorporação de informações de conhecimento prévio do aluno no processo de construção de novos conhecimentos.

A partir dos conceitos básicos da teoria piagetiana, defendemos que é possível construir um método democrático de construção do conhecimento. Para isso, é necessário compreender a configuração dos sistemas de aprendizagem que integram os processos pelos quais o aluno se desenvolve, segundo Piaget (1982). É fundamental que o professor e o aluno conheçam o sentido e o significado dos seguintes conceitos piagetiano.

Organização: é inconsistente pensar que pode haver adaptação - assimilação e acomodação, originária de uma base desorganizada, visto que, a adaptação tem como fonte uma organização inicial apregoadada, ou seja, um marco inicial para a ação do sujeito que só pode acontecer sobre os objetos do conhecimento. Nesse sentido, o pensamento, enquanto interiorização da ação, se organiza mediante a constituição de esquemas que se formam através do processo de adaptação. (PIAGET, 1982).

Adaptação: é um processo dinâmico e contínuo no qual a estrutura hereditária do organismo interage com o meio externo de modo a reconstituir-se. Ela é a essência do funcionamento intelectual e biológico. É um movimento de equilíbrio contínuo entre a assimilação e a acomodação, que são processos distintos, porém indissociáveis que compõem a adaptação, processo este que se refere ao restabelecimento de equilíbrio. O Sujeito modifica o meio e é também modificado por ele. (PIAGET, 1982).

Assimilação e Acomodação: a assimilação é o processo cognitivo pelo qual o sujeito associa e integra um novo dado perceptivo, motor ou conceitual às estruturas cognitivas prévias. Ou seja, quando o aluno tem novas experiências, ele arrisca adaptar esses novos estímulos às estruturas cognitivas que já possui. Na teoria piagetiana, uma integração às estruturas prévias pode permanecer estável ou não. (PIAGET, 1982).

Esquema: padrão de atividade que o organismo emprega para incorporar o meio. Os reflexos são para o ser humano os esquemas iniciais, marco de partida da interação sujeito e objeto. Dessa forma, todo novo esquema construído a partir dos esquemas iniciais é ponto de partida para novas interações do sujeito com o meio. Reforçando o dito anteriormente, a adaptação, resultante dos processos de assimilação e acomodação, alude à construção dos esquemas e, esses se manifestam como estruturas cognitivas, pelas quais os sujeitos mentalmente se adaptam e se organizam ao meio. (PIAGET, 1982).

Compreendemos, a partir das teorias de Piaget (1982), que o desenvolvimento do sujeito resulta de combinações entre aquilo que o mecanismo orgânico – intelectual, racional, emocional, tem de conhecimentos prévios, relacionando-os com circunstâncias oferecidas pelo meio. Pois, o eixo central de sua teoria sobre o desenvolvimento mental é justamente a interação entre o organismo e o meio ambiente em que está inserido. Nesse sentido, ao se tratar do processo da aprendizagem significativa, a didática do professor em sala de aula, além de levar essas questões como elementos basilares na sua prática, precisa considerar que o aluno é um sujeito dotado de vivências e conhecimentos prévios construídos na interação.

Diante disso, reafirmamos então, que o construtivismo permite o aluno participar ativamente do próprio aprendizado. Para isso, ele parte da experimentação, do trabalho em grupo, da dúvida e do desenvolvimento do raciocínio. Todo esse arcabouço de informações e assimilações contribui na possibilidade de alcançar novos conhecimentos. Na física, por exemplo, há inúmeras possibilidades, tais como, noções de proporção, quantidade, volume, calor, temperatura, força, entre outros, que podem germinar a partir do conhecimento prévio, da interação do aluno com o meio e dos conteúdos do conhecimento culturais e/ou formais.

Histórica e filosoficamente falando, acreditamos que o interacionismo piagetiano superou concepções como: inatistas e comportamentalistas -- pensamentos que fundamentaram por muito tempo a prática do professor. Essa superação se deu no aspecto que tange às condições pedagógicas e autônomas que o homem passou a adquirir o conhecimento.

Piaget (1982) contribui significativamente com as teorias da educação ao afirmar que essa interação se dá por dois processos simultâneos básicos: a organização interna e a adaptação ao meio. Desse modo, a adaptação ao meio é

determinada por Piaget (1982) como a própria cátedra do desenvolvimento da inteligência.

A adaptação intelectual, como qualquer outra, é um estabelecimento de equilíbrio progressivo entre um mecanismo assimilador e uma acomodação complementar [...] em todos os casos, sem exceção, a adaptação só se considera realizada quando atinge um sistema estável, isto é, quando existe equilíbrio entre a acomodação e a assimilação (PIAGET, 1982. p.18).

É importante compreender que o significado dos conceitos assimilação e acomodação empregados pela teoria piagetiana não se refere ao senso comum, visto que, no cotidiano, assimilar refere-se a aprender, alcançar ou afixar conceitos ou ensinamentos. Da mesma forma que, acomodar significa condescender ou adequar-se a uma nova situação. Para isso, Piaget (1982) ilustra o sentido de assimilação e acomodação.

Com efeito, a inteligência é assimilação na medida em que incorpora nos seus quadros todo e qualquer dado da experiência. Quer se trate do pensamento que, graças ao juízo faz ingressar o novo no conhecido e reduz assim o universo às suas noções próprias, quer se trate da inteligência sensório-motora que estrutura igualmente as coisas percebidas, integrando-as nos seus esquemas, a adaptação intelectual comporta, em qualquer dos casos, um elemento de assimilação, isto é, de estruturação por incorporação da realidade exterior a formas devidas à atividade do sujeito. A vida mental também é acomodação ao meio ambiente. A assimilação nunca pode ser pura, visto que, ao incorporar novos elementos nos esquemas anteriores, a inteligência modifica incessantemente os últimos para ajustá-los aos novos dados. Mas, inversamente, as coisas nunca são conhecidas em si mesmas, porquanto esse trabalho de acomodação só é possível em função do processo inverso de assimilação (PIAGET, 1975. p.18).

Os esquemas de assimilação vão se modificando progressivamente, configurando os estágios de desenvolvimento, os quais, na teoria piagetiana, representam os suportes para o construtivismo sequencial. A ideia central do construtivismo sequencial é que os estágios evoluem como uma espiral, na qual cada um engloba o anterior e o amplia. Desse modo, é por completo inadequado pensar o construtivismo sequencial por uma perspectiva linear, um pensamento característico de uma educação tradicional onde o conhecimento está centrado no professor.

É característica particular da teoria piagetiana, não definir idades rígidas para os estágios por ela descritos. É certo que o construtivismo sequencial se baseia exatamente na constatação de que esses estágios se apresentam em uma sequência constante. Com isso, a tendência é dos conhecimentos se ampliarem de forma

progressiva e qualitativa, desencadeando em uma aprendizagem significativa, segundo a teoria de Ausubel (2003).

Como vimos, no processo da construção do conhecimento, o estágio das operações formais age sobre novas modificações e, com isso, equilibra-se para poder se aplicar. O desenvolvimento das estruturas mentais segue uma lógica de construção semelhante aos estudos da lógica, ou seja, que o desenvolvimento da inteligência em seus sucessivos estágios segue uma lógica coerente, tal que pode ser descrita em suas estruturas. Um processo em constante transformação. (PIAGET, 1982).

Para o universo da pesquisa acadêmica, Piaget não foi um educador, mas um biólogo. Independente disso, deixou grandes contribuições com suas obras reveladoras de uma prática significativa para o desenvolvimento cognitivo, emocional e físico da criança, logo, do homem. Piaget (1982) circula por espaços compreendidos como educação ao defender que a criança deve ter um desenvolvimento amplo e dinâmico desde o período sensório-motor até o período operatório abstrato. Compreendemos com isso, que a escola é responsável pela implementação e realização de atividades desafiadoras que provoquem o desequilíbrio - conflito cognitivo e, com isso, reequilibrações sucessivas, promovendo a construção de conhecimentos.

Ao abordarmos a prática pedagógica e o papel do professor diante do desenvolvimento da aprendizagem significativa, é importante que cada docente faça uma reflexão sistemática sobre o desenvolvimento prático da teoria construtivista. Em destaque em nossa pesquisa, Piaget (1982) se manifesta como interlocutor na discussão sobre o papel do professor nesse processo de aprendizagem, visto que, o professor é o mediador do processo de aprendizagem do aluno.

Nesse sentido, o professor construtivista tem consciência de sua prática transformadora, não lhe é mais coerente utilizar velhas técnicas de memorização e adota uma metodologia coerente com os objetivos da proposta construtivista. A prática em sala de aula segue um norte, uma orientação com base nos conhecimentos prévios do aluno e no sentido que as coisas, a sua volta, fazem em sua vida.

Essas orientações metodológicas baseadas na teoria construtivista piagetiana explicam-se, principalmente, ao se ilustrar teoricamente os procedimentos e os caminhos para se chegar aos métodos e aos objetivos em relação à aprendizagem do aluno e ao significado desse aprendizado para a sua vida.

3.2 PEDAGOGIA DA ESCOLA ATIVA EM DEWEY

A criança de três anos que descobre o que se pode fazer com blocos, ou a de seis anos que percebe o que acontece quando põe cinco cêntimos e mais cinco cêntimos juntos, é verdadeiramente um descobridor, mesmo que toda a gente no mundo já o saiba. Ocorre um genuíno incremento da experiência; não é apenas mais um item mecanicamente acrescentado, mas um enriquecimento com uma nova qualidade. O charme que a espontaneidade de crianças jovens nutre por observadores simpáticos é devido à compreensão desta originalidade intelectual. A alegria que as próprias crianças sentem com as suas próprias experiências é a alegria da construção intelectual da criatividade.

(John Dewey, 1979)

Dewey³ é, certamente, um dos mais influentes pensadores na área da educação contemporânea. Colocou-se a favor do modelo de Escola Ativa, um sistema que considera o aluno enquanto sujeito autônomo com iniciativa e, principalmente, que aja de forma cooperativa.

A aprendizagem ativa é um pensamento atribuído às propostas pedagógicas oriundas do final do século XIX e meados do século XX. Período em que se destaca o movimento da Escola Nova no Brasil. No geral, é uma concepção educacional que privilegia a ação do educando em oposição aos moldes do pensamento denominado Ensino Tradicional.

Na literatura de Dewey, podemos identificar que, no final do século XIX, surgiram na Europa movimentos de renovação pedagógica que, em função das exigências do capitalismo industrial, defendiam uma educação que associasse teoria e prática.

A instituição educativa foi encarregada de afiançar um acordo social em torno de valores, modelos culturais e formas de organização social, tendo em vista a formação do homem-cidadão trabalhador. Em uma perspectiva política e econômica, o século XIX despontou com a consolidação dos Estados modernos e da sociedade

³ Filósofo, psicólogo e pedagogo, nascido nos Estados Unidos. Seus trabalhos alinhavam-se com o pensamento liberal norte-americano e influenciaram vários países, inclusive o movimento da Escola Nova no Brasil. John Dewey é pragmatista Hegeliano de início, depois ele passa pelo Positivismo, isto é, “qualquer filosofia que privilegie o conhecimento científico e combate a metafísica” Clément et al (1999, p. 308), e elaborou uma nova versão do Pragmatismo a que deu o nome de Instrumentalismo.

burguesa, em que a formação do sujeito, pelo menos a mais pobre, deveria ser instrumental.

Dewey (1975) entre outros filósofos e educadores da época criticaram esse modelo de ensino enciclopedista que reproduzia a cultura dominante europeia, sem acrescentar ou valorizar a cultura e as experiências do sujeito. Uma pedagogia centrada na instrução pragmática ocasionou uma crítica à pedagogia tradicional enraizada no Brasil, pelos jesuítas, desde o século XV. Aqui no Brasil, na década de 30 do século XIX, surgiu o movimento da Escola Nova, também denominada pedagogia ativa, que defendia uma educação pública de qualidade centrada no sujeito, na experiência de vida, idealizando o aluno como princípio ativo no processo de aprendizagem.

No quadro 1, podemos identificar alguns fatores explícitos dos pensamentos da Escola Tradicional e da Escola Ativa. É um esquema ilustrativo de dois polos divergentes, no qual se destaca o confronto entre o modelo instrumental e o modelo emancipador no campo da prática de educar.

Quadro 1. Ensino tradicional e Pedagogia Ativa

Ensino Tradicional Modelo instrumental	Pedagogias Ativas Modelo emancipador
Valoriza o Intelecto	Prioriza a Sensações
Valoriza a Mente	Prioriza o Corpo
Valoriza o Professor	Prioriza o Aluno
Valoriza a Sociedade	Prioriza o Indivíduo
Valoriza o Externo	Prioriza o Interno
Valoriza a Autoridade	Prioriza a Liberdade
Valoriza as Matérias Escolares	Prioriza a Atividades

Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho (2017).

Historicamente falando, o movimento da Escola Ativa se manifestou enquanto proposta educativa, no período em que o progresso econômico mundial ganhava força e, a escola tornara-se o sistema indispensável para formar sujeitos para o trabalho. Projeto bem delineado no pensamento tradicional mencionado no quadro esquemático (1).

Pelo que observamos, a metodologia ativa está centrada na aprendizagem, porém, isso não significa uma superioridade do aluno sobre o professor, pois, do contrário não se procederia de toda verdade. O professor, nesse processo, desempenha o papel de questionador e esclarecedor de fenômenos na construção da aprendizagem. O aluno é um aprendiz autônomo com o apoio do professor, visto que,

este tem uma formação acadêmica superior em relação ao aluno. Diferente do modelo tradicional no qual o conhecimento está centrado no professor e o aluno é um mero receptor de informações.

Desde a primeira metade do século XIX, a concepção filosófica e educacional de Dewey (1979) ganhou destaque no meio pedagógico. Foi avaliada por educadores e historiadores como uma das mais influentes desde o surgimento da concepção de aprendizagem ativa. No Brasil da década de 30 do século XIX, a Escola Ativa teve como representante o intelectual e educador Anísio Teixeira, que entre outras atividades, liderou a reformulação do sistema de ensino do Distrito Federal na década de 1930. Nesse período histórico, em que o Brasil vive o aceleramento da industrialização, infelizmente, a proposta da Escola Ativa se perdeu nos caminhos da formação de mão de obra para dar conta do progresso econômico.

Em *Democracia e Educação*, publicada em 1916, e, na sua 4ª edição (1979), Dewey considera que educar é ensinar a pensar de modo reflexivo. Isso significa que a teoria não se separa da prática, independentemente de onde elas forem aplicadas, seja em sala de aula, na vida prática ou no trabalho. Nesse sentido, Dewey (1979, p. 50) lança a ideia de que a educação é “a aquisição dos hábitos indispensáveis à adaptação do indivíduo a seu ambiente”. Para Dewey (1979), tal adaptação significa uma acomodação às condições externas do sujeito:

Não somos capazes de converter os resultados desses ajustamentos (que bem se poderiam chamar acomodações para diferenciar-se da adaptação ativa) em hábitos operantes e ativos sobre o meio. Poderíamos então dizer [que há] um equilíbrio de adaptação. [...] é essa adaptação definitiva que fornece o fundamento sobre o qual ocorrerão outras adaptações especiais, quando surgir o ensejo (DEWEY, 1979, p. 50).

A partir dessa perspectiva, Dewey (1979) lança a ideia de organizar o currículo da escola em torno de experiências práticas. Uma proposta que elevaria o aluno à condição de pesquisador, pois, o laboratório seria a extensão da sala de aula. Além disso, suas atividades estariam conectadas com a vida em sociedade. Da mesma forma, a influência do professor abrevia à orientação da atividade espontânea, a fim de possibilitar que o sujeito busque o caminho mais adequado do conhecimento. Assim sendo, entendemos que o contexto da sala de aula é o lugar em que as experiências podem ser amplamente consideradas e transformadas por meio da cooperação entre alunos e professores.

Na obra *A Filosofia em Reconstrução*, Dewey (1958) observa, com relação à

Biologia, que o processo de adaptação não é passivo, uma vez que esse fenômeno não é estático.

O desenvolvimento de uma psicologia baseada na biologia, que torna uma nova formulação científica da natureza da experiência. Onde quer que exista vida, há comportamento, há atividade, e para que a vida continue necessária é que essa atividade seja ao mesmo tempo contínua e adaptada ao meio. [...] não é simples moldagem do organismo pelo meio (DEWEY, 1958. p. 98, 99).

O método de educação da Escola Ativa está definido na Biologia e na Psicologia, relacionando-se epistemologicamente com o cognitivismo e o construtivismo defendido por Piaget (1982). Entre seus objetivos está a autonomização do aluno, do professor e da escola em relação à dimensão sócio-histórico.

É importante ressaltar que o processo da construção do conhecimento no pensamento de Dewey (1979), fundamentado pela perspectiva da Escola Nova, não teria êxito e repercussão se tais bases não estivessem fundamentadas antropológica, filosófica, ética, política e cientificamente, bem como, complementadas com outras dimensões do campo educacional, entre elas: a pedagógica, a metodológica e a didática.

Dewey (1979) estabeleceu que a educação fosse um acontecimento de extraordinária importância para a transformação do sujeito e da sociedade, capaz de proporcionar um espaço democrático para diferentes classes sociais. Essa possibilidade democrática de educação se daria através de uma metodologia fundamentada no interesse e na experiência do sujeito. Dessa forma, concretizar o ideal democrático era para Dewey (1979) a garantia de valores básicos: liberdade, solidariedade e a igualdade de oportunidades.

Na compreensão de Dewey (1959), a educação, princípio fundamental da escola, possui a função social de ampliar o pensamento do sujeito nas diferentes realidades dentro do meio social onde está inserido. A partir dessa perspectiva, entendemos que, para Dewey (1959), a educação além de ser uma função social é também uma necessidade de vida, onde o sujeito se reconstrói através da difusão de conhecimentos feitos de um sujeito para outro. Segundo o autor, pelo fato de sermos humanos, diferentes de outros seres inanimados, uma de nossas principais características é de nos preservarmos pela renovação. Dessa forma, é de pensar que não há motivos para resistências às novas transformações.

A mais notável distinção entre os seres vivos e inanimados é que os primeiros se conservam pela renovação. Ao receber uma pancada, a pedra opõe resistência. Se a resistência for maior do que a força da pancada, ela, exteriormente, não apresentará mudança; no caso contrário se partirá em fragmentos menores que ela (DEWEY, 1959, p.1).

Dewey (1959) aponta para uma nova postura de pensamento, reafirmando que o aluno precisa ser educado para agir livremente em sociedade, bem como sob orientação de alguém com experiência de vida e visão de mundo. Portanto, a educação é condição básica para a emancipação do sujeito.

A educação do sujeito na perspectiva da pedagogia ativa permite que a escola desenvolva sujeitos para integrar e vivenciar valores sociais democráticos e humanos. Além disso, permite uma formação crítica e emancipadora para que ele possa tomar decisões diante de todas as complexidades da vida. A partir dos estudos do pensamento Deweyano, apontamos para a compreensão da pedagogia ativa em Dewey (1979), pois, ela é indispensável para o processo de aprendizagem significativa.

Nesse sentido, para formar o cidadão, é essencial informá-lo, educá-lo e respeitá-lo em sintonia com todas as áreas de conhecimento. Para isso, a escola e seus professores dispõem da literatura e das artes, da educação moral ligada a uma prática de valores, como também através da consciência ética, que é formada tanto de sentimentos quanto de razão, assim como o aprendizado da cooperação ativa e do exercício do bem comum.

3.3 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA EM AUSUBEL⁴

O conhecimento humano é construído; a aprendizagem significativa subjaz essa construção.

(Joseph D. Novak, 1996)

⁴ David Ausubel (1918-2008) formado em Psicologia e Medicina. Doutorado em Psicologia do Desenvolvimento na Universidade de Columbia. Pesquisador da visão cognitiva à Psicologia Educacional. Sua Teoria de Aprendizagem Significativa está baseada na sua obra mais recente, *The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view*, publicada, em 2000, por *Kluwer Academic Publishers*, traduzida (Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva) e publicada, em 2003, por Plátano Edições Técnicas, Lisboa. A obra praticamente reitera a atualidade da teoria original proposta por Ausubel, em 1963, na obra *The psychology of meaningful verbal learning* (New York: Grune & Stratton) e, em 1968, no livro *Educational psychology: a cognitive view* (New York: Holt, Rinehart & Winston).

A teoria da aprendizagem significativa por Ausubel (2003) parte inicialmente da convicção de que as ideias expressas simbolicamente pelo sujeito aprendiz interagem de maneira substantiva e não-arbitrária com aquilo que ele já sabe. Segundo Ausubel (2003), a categoria substantiva é compreendida enquanto não-literal, ou seja, pode ter outras variáveis ou sentido para o sujeito. Da mesma forma, a categoria não-arbitrária implica na compreensão de que a interação das ideias com o conhecimento prévio não acontece aleatoriamente, mas sim com algum conhecimento específico já existente na estrutura cognitiva. Para Ausubel (2003), esse conhecimento específico existente chama-se subsunçor ou ideia-âncora, representado por um marco já significativo para o sujeito, um conceito, um modelo mental, uma imagem, etc.

Ausubel (2003) explica o juízo da categoria subsunçor a partir da conceituação de que conhecimento específico é aquilo que o sujeito já construiu, ou seja, o existente na sua estrutura de conhecimentos. Na teoria de Ausubel (2003), tal fenômeno permite ao sujeito aprendiz dar sentido e significado a um novo conhecimento em diferentes contextos e situações, seja a ele apresentado ou por ele descoberto. Porém, para se chegar ao estágio final de uma aprendizagem significativa, o sujeito precisa, necessariamente, de conhecimentos prévios relevantes e interagir com os mesmos.

Para Ausubel (2003), o conceito de subsunçor (conhecimento prévio) pode sofrer variações quanto à potencialidade do equilíbrio cognitivo, ou seja, mais ou menos organizado em termos de significados. Entretanto, ele próprio pode se modificar adquirindo novos significados, desde que o processo seja interativo enquanto ideia-âncora para um novo conhecimento. Por isso, a ideia do não-literal e não-arbitrário.

A aprendizagem significativa é de fato o próprio mecanismo humano, defende Ausubel (2003). Ela é acionada pela condição do sujeito adquirir/estabelecer determinados conhecimentos prévios em sua estrutura cognitiva e, fundamentalmente, estar em funcionamento. “A aprendizagem significativa é o mecanismo humano, por excelência, para adquirir e armazenar a vasta quantidade de ideias e informações representadas em qualquer campo de conhecimento” (2003, p.1).

Nesse sentido, compreendemos que o conceito de aprendizagem significativa está vinculado a novos conhecimentos que representam algo para o aluno de Física,

sujeito da pesquisa. Da mesma forma, a teoria é válida para qualquer área do conhecimento. Isso alude a uma condição que o aluno aprendiz possa ser capaz de explicar objetivamente, assim como resolver novos problemas no processo de aprendizagem. Para isso, segundo a teoria ausubeliana, a aprendizagem significativa, de um modo geral, precisa articular três fatores essenciais: a existência de informações na estrutura cognitiva, a predisposição do sujeito para aprender e o esforço para aprender.

Um arquétipo da teoria de Ausubel (2003), através de novas aprendizagens significativas, pode ser exemplificado a partir de um subsunçor na área da Física, como por exemplo, a Conservação da Energia. Acontecem, desse modo, as novas interações a partir de novos conhecimentos sobre Conservação de Energia com o conhecimento prévio, tornando o subsunçor cada vez mais estável, mais diferenciado. Nesse processo, o aluno do curso de física amplia o significado para uma lei geral da Física - a energia se conserva sempre.

Os exemplos não param na Conservação de Energia, vão além. Esse subsunçor poderá servir de ideia-âncora para um novo conhecimento - a Conservação da Quantidade de Movimento, do Momentum Angular, das Cargas Elétricas, que ganharão significados por interação com o subsunçor formado pelas leis de Conservação já significativas.

O processo é relativamente simples, mas exige do sujeito, de acordo com Ausubel (2003), três fatores essenciais: a existência de informações na estrutura cognitiva, a predisposição do sujeito para aprender e o esforço para aprender. A lógica de aprendizagem é raciocinar a partir de fatos. Nesse caso especificamente, o subsunçor que inicialmente era apenas Conservação da Energia, agora é também Conservação da Quantidade de Movimento, do Momentum Angular, da Carga Elétrica e da Corrente Elétrica.

Isso é o que a teoria ausubeliana propõe ao afirmar que o conhecimento prévio, especificamente relevante, o subsunçor, existente na estrutura cognitiva do sujeito aprendente é a variável categórica para a aprendizagem significativa.

No pensamento ausubeliano, aquilo que o sujeito aprendiz já sabe é o fator mais importante, conhecimento isolado que influencia novas aprendizagens. Nessa perspectiva, o conteúdo de ensino, a didática do professor e a metodologia precisam seguir uma conexão com as características sociais, culturais e cognitivas do aluno aprendente visto que, entre as condições para a aprendizagem significativa está a

potencialidade significativa dos materiais educativos e também a predisposição do sujeito para aprender.

Um fator importante a ressaltar sobre o pensamento de Ausubel (2003) é o espaço e os sujeitos que versam sua teoria. Ele fala da sala de aula, do aluno e do professor. Portanto, suas proposições fornecem subsídios e favorecem a compreensão das estratégias e materiais que o professor pode eleger ou estabelecer para ensinar. Nesse sentido, a construção do conhecimento está além dos conhecimentos docentes, envolvem outros fatores elementares, como os conteúdos curriculares, o empenho e os conhecimentos prévios do aluno aprendiz.

De uma forma muito positiva para a educação do sujeito, Ausubel e seus colaboradores Novak e Hanesian (1980) dão à aprendizagem significativa uma perspectiva humanista. Fazem menções à aprendizagem significativa enquanto referência consistente e positiva entre pensamentos, sentimentos e ações que conduzem à liberdade e à autonomia.

Nesse sentido, quando a aprendizagem é significativa para o sujeito, ele se desenvolve, cria expectativas e impressões boas da vida e do mundo. Torna-se mais capaz diante dos desafios e conflitos, seja dos conteúdos programáticos das novas aprendizagens, seja dos direitos e deveres enquanto cidadão. Porém, a contradição de tais expectativas, elevada ao patamar da mecanização da aprendizagem, leva o sujeito aprendiz a se isolar em uma perspectiva reprodutivista de conteúdo, sem sentido e sem significado.

Dessa forma, se os conteúdos propostos a serem estudados não têm sentido e significado para o aluno aprendiz, se não têm uma relação não-litera e não-arbitrária com a estrutura cognitiva, podemos afirmar, com toda certeza, que a aprendizagem será mecânica e de memorização. Para Ausubel (2003), um dos fatores importante nessa interação entre sujeito e conhecimento é a linguagem, ferramenta facilitadora e indispensável, pois, permite a interação social entre os sujeitos.

A teoria de aprendizagem de Ausubel (2003), além de ser uma metodologia facilitadora da aprendizagem, é a que mais oferece conceitos, diretrizes, princípios e estratégias. Esse arcabouço de informações, facilitador da prática pedagógica, não pode ser confundido com instruções normativas e reprodutivas, visto a envergadura conceitual e referencial apontada e discutida por Ausubel e colaboradores. Ninguém mais habilitado que o professor para reconhecer tal qualidade, pois, é o profissional da educação que está mais perto da sala de aula e em contato com o aluno.

Ausubel (2003) inova na maneira de pensar a aprendizagem quando alimenta a ideia de que o aluno deve relacionar entre si os conceitos apreendidos. Tal perspectiva dá um novo significado à aprendizagem do sujeito aprendente. Para isso, o papel do professor é fundamental, as definições de conteúdo, por exemplo, devem ser feitos por meio de uma cadeia hierárquica. Primeiro, se faz um diagnóstico do que o aluno aprendiz já sabe, ou seja, o seu conhecimento prévio, depois, o planejamento dos materiais, a didática e a metodologia aplicados no processo de construção de novos conhecimentos. Para Ausubel (2003), o processo da aprendizagem pode:

[...] relacionar-se, numa base não arbitrária e não literal, a ideias relevantes correspondentes que se situam no âmbito daquilo que os seres humanos são capazes de aprender (a ideias relevantes correspondentes que, pelo menos, alguns seres humanos são capazes de apreender se tiverem oportunidade). Esse aspecto da própria tarefa de aprendizagem, que determina se o material é ou não potencialmente significativo, pode denominar-se significação lógica (AUSUBEL, 2003, p. 73).

Dessa forma, o significado lógico apontado por Ausubel (2003) alude-se a determinados tipos de materiais simbólicos considerados adequados ao aprendiz significativo, pelo fato de não serem arbitrários nem literais facilitando o encadeamento do novo conhecimento com os conhecimentos prévios do aluno aprendiz.

Para isso, a teoria cognitiva de Ausubel (2003) defende o uso de organizadores prévios, eles servirão de base para a construção das novas aprendizagens significativas. São as referenciadas Pontes Cognitivas, um sistema de ligação entre o que o aluno aprendiz já sabe e o que poderá instruir-se. Em outras palavras, são materiais introdutórios apresentados ao sujeito aprendente antes do material principal do conteúdo específico.

A teoria ausubeliana é, em tese, construtivista, pois defende que o aluno aprendiz seja o principal agente articulador de sua aprendizagem. No que compreende a raiz de seu pensamento, quando ocorre contraposição de esquemas prévios e conceitos novos, um fenômeno importantíssimo se revela, surgem os conflitos cognitivos. Desse modo, a nova informação e o antigo conceito acabam sofrendo modificações pela interação entre os dois. Essa compreensão nos leva ao tema principal de sua teoria, o subsunçor, esquema cognitivo do sujeito aprendente. E, dependendo das variáveis dos conhecimentos prévios, dará sentido e significado a um novo conhecimento.

Outra configuração que pode ser atribuída às variáveis importantes, para facilitar a aprendizagem significativa, é o significado que os sujeitos dão às expressões linguísticas. Segundo Ausubel (2003), o processo de ensino e aprendizagem envolve exposição, receptividade, negociação e compartilhamento de significados. Para essa configuração, o sistema de linguagem é essencial. Dessa forma, o professor em sua prática, em sala de aula, entende que os significados são contextuais, em geral, arbitrariamente impostos pelos sujeitos aos objetos e aos eventos. O professor atento aos fenômenos que envolvem o universo da aprendizagem significativa entende que esse processo demanda compartilhar significados, mas que também envolve significados particulares e subjetivos.

Contudo, a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (2003) contribui significativamente com os processos de construção de conhecimentos. Ela aborda questões fundamentais, envolvendo a estrutura cognitiva do aluno aprendiz e os conhecimentos prévios que formam a base para a intermediação de novos conhecimentos, a partir de uma troca recíproca de informações. Esse esquema potencializa o que podemos chamar de interesse e satisfação do sujeito aprendiz diante dos desafios e conflitos nas diferentes áreas do conhecimento.

3.4 TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA EM CHEVALLARD

Um conteúdo de saber que tenha sido definido como saber a ensinar, sofre, a partir de então, um conjunto de transformações adaptativas que irão torná-lo apto a ocupar um lugar entre os objetos de ensino. O ‘trabalho’ que faz de um objeto de saber a ensinar, um objeto de ensino, é chamado de transposição didática⁵.

(Yves Chevallard, 1991)

Segundo a teoria de Chevallard (1991), a Transposição Didática é um processo no qual um determinado conteúdo científico do saber, que foi designado como saber a ensinar, sofre, a partir daí, uma série de transformações adaptativas que o torna suscetível a ocupar um lugar entre os objetos de ensino utilizado pelo professor.

⁵ Traduzido do original em francês: “Un contenu de savoir ayant été designé comme savoir à enseigner subit dès lors un ensemble de transformations adaptatives qui vont le rendre apte à prendre place parmi les *objets d’enseignement*. Le ‘travail’ qui d’un objet de savoir à enseigner fait un objet d’enseignement est appelé *la transposition didactique*”. Tradução: Miriam Soares Leite, 2004.

Dessa forma, o trabalho pedagógico que transforma um objeto do saber em um objeto de ensino, pode ser entendido enquanto Transposição Didática.

Esse conceito é posto em pauta, no contexto histórico da educação brasileira, a partir da década de 80 do século XX com o trabalho de Chevallard no livro *La Transposition Didatique* (1991). Nessa retomada de discussões sobre a didática, o autor apresenta os arranjos que um saber perpassa quando migra do campo científico para a escola. Sua abordagem vem ao encontro da necessidade do meio escolar compreender a importância desse processo de transição, principalmente, pelos profissionais que lidam com o ensino das diferentes disciplinas dos diferentes campos científicos.

Como ensinar? Talvez seja uma das questões mais pensada pela maioria dos professores diante dos conteúdos elaborados em suas disciplinas. É claro que essa é só uma das questões provocativas, pois, há outras indispensáveis para se estabelecer um parâmetro de qualidade do ensino e da aprendizagem escolar. A necessidade de adaptação do conhecimento, quando se discute os processos para ensiná-lo, é de total reciprocidade entre os profissionais da educação. Esse debate é amplo, seja nos registros teóricos do campo científico, seja no senso comum do coletivo que direta ou indiretamente participam com certa afinidade do processo de ensino-aprendizagem.

Outra observação muito pertinente na teoria de Chevallard (1991) em relação à transposição Didática é sobre a natureza temporal da prática do professor ao preparar uma atividade pedagógica. O autor afirma que nesse estágio o professor já está trabalhando na Transposição Didática e não, essencialmente, está a arranjar a transposição. Em outra perspectiva de compreensão, quando o professor prepara a aula ou curso, a Transposição Didática já vem se desenvolvendo em tempos.

Em relação às dimensões significativas da didática na educação e no processo de aprendizagem significativo, concordamos com Gimeno-Sacristán (1996) quando diz que não é de agora que existe um pensamento sobre o conhecimento escolar. Para ele, “Comenius pensou a didática como a arte de ensinar todas as coisas a todos” (GIMENO-SACRISTÁN, 1996, p. 42).

Isso significa dizer que um dos pretextos do saber-fazer educativo é a possibilidade de fomentar uma cultura de comunicação e difusão de informações básicas a serem incorporadas por receptores do cognitivo humano.

A arte de ensinar acompanha o homem desde os primórdios da civilização humana, ela foi e continuará se reestruturando teoricamente e, conseqüentemente,

na prática do professor para atender às transformações sociais. Dessa forma, podemos dizer que a didática é a difusão, a comunicação, o compartilhar de um saber adquirido. Em virtude disso, o exercício da didática está estruturado em dois campos, a prática do saber e a prática do ensinar, envolvendo, de um modo geral, aqueles que se propõem a ensinar e aqueles que se desafiam a aprender.

Chevallard (1991), em seu trabalho, faz uma crítica muito coerente ao paradigma de doutrinação do pensamento tradicional na educação. É muito comum, nesse sistema, que a didática se transforme em uma ferramenta para transmitir arbitrariamente os conhecimentos elaborados seletivamente. Isso, no campo das políticas, estabelece quem manda e tem maior poder de decisão sobre o que ensinar.

Essa relação de forças não acontece espontaneamente, ela é desencadeada por profissionais descomprometidos com as mudanças efetivas para o bem comum da sociedade. Chevallard (1991) aponta, entre outros elementos, a resistência, a falta de aspiração de alguns sujeitos, o conformismo e o descaso com a cooperação. Além disso, há também a burocracia de governos e setores da educação que contribuem para o engessamento das práticas de ensino e aprendizagem.

Além de tais elementos que podem interferir no processo de ensino, podemos elencar também certas formas imperativas estabelecidas pela escola, numa perspectiva de transmissão do saber, uma escolha parcial de conteúdos a serem ensinados. Na compreensão de Chevallard (1991), essas arbitrariedades interferem categoricamente na adequada escolha dos conteúdos a serem trabalhados.

Em virtude disso, defendemos que o princípio básico da Transposição Didática se constitui na ideia da prática astuta de ensinar o conhecimento específico elaborado, relacionando-o de forma prática com as demais áreas do conhecimento e possibilitando uma análise da importância desse conhecimento para a vida do sujeito aprendiz.

Dessa forma, permite a articulação da análise epistemológica com a análise didática. O saber sábio interessa para a Transposição Didática, porque certas exigências que intervêm na preparação didática do saber, já estão influenciadas a partir da constituição do saber sábio, ou ao menos, a partir da formulação discursiva desse saber (CIVEIRO, 2009, p. 21).

Dessa forma, o saber ensinado vai se modificando significativamente em virtude das interações e transformações no meio a que foi elaborado, ensinado e assimilado. Chevallard (1991) observa que existem elementos dentro da prática de

ensino que podem comprometer os princípios básicos da Transposição Didática e sua validade epistemológica. Nesse sentido, o autor é categórico ao dizer que não basta afirmar que há a Transposição Didática simplesmente. Ao assumir sua efetividade, é imprescindível que se faça profundas reflexões sobre a mesma. Chevallard (1991) argumenta ainda que:

Segundo as condições da exposição do saber, este processo deve dar em primeiro lugar a difusão e a partir dali a produção social do conhecimento. Porém mais tarde, na intimidade do funcionamento didático, cumprirá uma função inteiramente diferente: de reprodução e de representação do saber, sem estar submetido às mesmas exigências de produtividade (CHEVALLARD, 1991, p.25).

A função prática da Transposição Didática se caracteriza pela sua dinâmica no processo de aprendizagem, primeiramente, atuando como agente de informação. Em outra etapa, surge enquanto prática produtora de conhecimentos, oportunizando, em virtude disso, a representação social de aspectos do saber pelo aprendente, sem, evidentemente, assumir a condição de instruir efetivamente.

Chevallard (1991) atribui ao conhecimento um conjunto de questões às quais um determinado saber busca responder. Do mesmo modo, enfatiza que a problemática envolvendo os saberes é particularmente diferenciada em contextos com realidades e necessidades igualmente diferenciadas. Nesse sentido, esclarece sobre a importância da efetiva correlação entre quem ensina e quem aprende. Essa troca deve ser de forma interativa, dialética, pois a centralização do saber no professor condiciona a um processo de transmissão de conhecimentos.

Falar de um saber e da sua transmissão, com efeito, é reconduzir a imagem da caixa preta, aquela da sala de aula onde supõe-se a transmissão de um suposto saber, onde não iremos olhar e, se formos, veremos primeiro o professor, depois os alunos, e quase nunca o saber, sempre invisível, como a filosofia medieval, segundo Alain de Libera. De fato, carecemos cruelmente de conhecimento sobre a vida 'íntima' dos saberes nas salas de aula: a metáfora substancialista que comporta a pretensa transmissão do saber explica, em grande parte, esse desconhecimento (CHEVALLARD, 1997b, p. 4).

Entendemos que a teoria da Transposição Didática deseja colocar em discussão esse entendimento de despolarização do sistema de ensino, mostrando enfaticamente a dinâmica relacional entre os polos compostos pelo ensinante, o saber ensinado e o aprendente. Com isso, propõe-se pensar um sistema didático a partir de uma dimensão de correlação, trocas, informações e saberes.

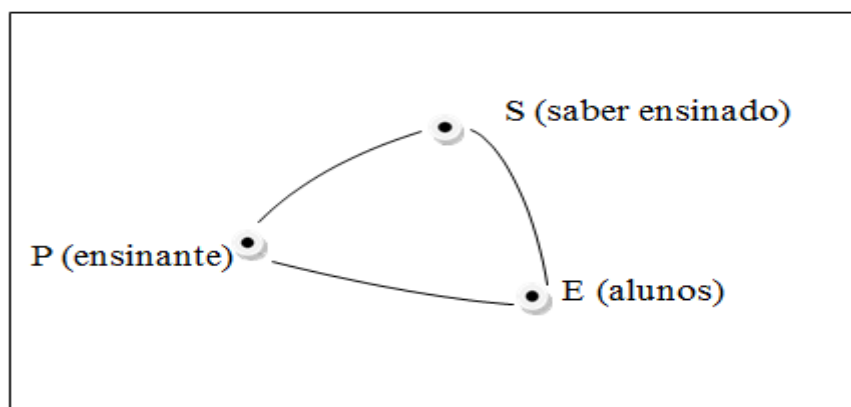
Essa perspectiva permite uma aproximação epistemológica do tempo didático e das relações estabelecidas entre os aprendentes desse tempo. Nesse sentido, Chevallard (1991) apresenta a especificidade da logística do sistema didático do saber na escola. Sendo assim, o campo da produção dos saberes tende a se movimentar na busca de resoluções de problemas e o campo do ensino tende a ser impulsionado pela contradição entre o antigo/novo.

Essa contradição antigo/novo a que se refere Chevallard (1991) explica-se pela necessidade de os objetos de ensino remeterem-se àquilo que já é conhecido pelo aluno aprendiz, ou seja, seus conhecimentos prévios, afinal, é o novo, é a informação desconhecida que justifica a relação de trocas. Dentro dessa perspectiva teórica, se o aluno aprendiz não conseguir concretizar alguma forma de reconhecimento ou assimilação com os saberes que já domina, o desequilíbrio cognitivo pode ocorrer de modo parcial inviabilizando o aprendizado.

Desse modo, podemos entender que o pensamento de Chevallard (1991) apoia-se em um modelo teórico para estudar e compreender os sistemas de ensino, referindo-se nomeadamente à Didática, tendo, como base estruturante para sua teoria, o estudo do saber escolar.

Para isso, a teoria da Transposição Didática propõe corrigir um equívoco tradicional com relação a conceitos pedagógicos referentes à discussão dos saberes escolares remetidos a segundo plano. Para tal reflexão, apresenta o modelo triangular do sistema didático, lançando a ideia de complexidade das relações instituídas entre os três polos: (P) Professor - aquele que ensina. (S) Saber. (E) Aluno - aquele que aprende, como mostra a Figura 1.

Figura 1. Sistema Didático



Fonte: Chevallard, 1991, p. 28

Segundo Chevallard (1991), em uma sociedade com tradição de valorizar a esfera da produção dos saberes, é compreensível o fato de o saber ensinado ser igualmente valorizado pela sua proximidade com os saberes produzidos naquela esfera, denominado pelo autor de saber sábio. Essa não distinção do saber ensinado com o saber sábio é abalada pela teoria da Transposição Didática, comprometendo o próprio conforto epistemológico dos sujeitos do sistema didático, o que explicaria a atitude de resistência inicial em relação a sua ideia.

4. METODOLOGIA

[...] professor-pesquisador, tem recebido uma atenção crescente, acentuadamente nos últimos tempos. Já no trabalho pioneiro de Stenhouse (1975) sobre o desenvolvimento do currículo, foi colocado em posição de destaque, pois esse autor, numa bela metáfora, reivindicava para o professor a mesma situação do artista, que ensaia com seus diferentes materiais as melhores soluções para os problemas de criação. Assim também, segundo Stenhouse, o professor deveria experimentar em cada sala de aula, tal como num laboratório, as melhores maneiras de atingir seus alunos, no processo de ensino/aprendizagem.

(Menga Ludke, 2001)

A questão central dessa investigação é o estudo de conceitos de calor e temperatura, a partir de uma abordagem histórica e experimental, na visão da aprendizagem significativa com os alunos, suas mediações e práticas, no cotidiano da escola, na esfera do Ensino Médio, e com grupos de alunos em três turmas do segundo ano na disciplina de Física 2.

Para a elaboração dessa Dissertação, abordamos a pesquisa qualitativa, a partir de observações e experimentações em sala de aula e no laboratório, na tentativa de uma compreensão científica mais detalhada dos sentidos e significados da aprendizagem do aluno com base em seus conhecimentos prévios.

Para a fundamentação teórica deste trabalho, foi estudada a bibliografia de autores como Piaget, Ausubel, Dewey, Chevallard, que serviu de base na elaboração da construção teórica e ampliou o entendimento dos conceitos e análises da temática em estudo.

Segundo Houaiss (2001), o conceito de metodologia tem seus primeiros apontamentos na cultura da língua portuguesa a partir de 1858. Etimologicamente falando, foram os gregos que a desenvolveram de modo estruturado: *metá* - atrás, em seguida, através; *hodós* - caminho; e *logos* - ciência, arte, tratado, tratamento sistemático de um tema.

Levando em consideração os atendimentos apontados por Houaiss (1991), a metodologia, para o nosso tema do trabalho investigativo, é compreendida como tratado, disposição ou ordenamento sobre o caminho através do qual se busca um dado objetivo de ensino ou mesmo uma finalidade educativa. Para Houaiss (1991), o processo metodológico de ensino tem sempre uma intencionalidade imediata, em

curto prazo e de caráter programático - constituída pelos objetivos e mediata - intermediária, de caráter teleológico - pelas explicações e finalidades.

Na perspectiva clássica grega e da incorporação de conceitos da nossa cultura de investigação, o método compõe-se de *metá* - atrás, em seguida, através e de *hodós* - caminho. Dessa forma, método se constitui exclusivamente por caminho, perspectiva pela qual se procura alguma coisa.

Martins (1989) aponta que metodologia de ensino não pode ser entendida como reunião de métodos e técnicas de ensino, os quais se refeririam à Didática teórica, cujos critérios passariam pelos objetivos, origem do conteúdo, nível do aluno aprendiz e caráter da aprendizagem. Para a autora, o método compõe o fator unificador e sistematizador do processo de ensino.

Além disso, Menga (2013) contribui afirmando que não se alimenta mais a ideia da inseparabilidade entre o pesquisador e o objeto pesquisado. Um fato impossível de ser concebido hoje na pesquisa qualitativa.

Acreditava-se [...] que [...] o pesquisador deveria manter-se o mais separado possível do objeto que estava pesquisando, para que suas ideias, valores e preferências não influenciassem o seu ato de conhecer. Assim se procuraria garantir uma perfeita objetividade, isto é, os fatos, os dados se apresentavam tais quais são, em sua realidade evidente. O conhecimento se faria de maneira imediata e transparente aos olhos do pesquisador (MENGA, 2013, p.84).

Empregamos a metodologia qualitativa com a ideia da proximidade com os sujeitos. Para isso, utilizamo-nos de técnicas experimentais para o levantamento de informações que resultaram em importantes dados para a pesquisa. Nesse experimento, aplicamos formulários com questões objetivas e discursivas previamente elaboradas pelo orientador e orientando da dissertação nos grupos formados por alunos em sala de aula.

A nossa perspectiva metodológica está em acordo com a proposição investigativa de que a pesquisa nas ciências humanas é de caráter eminentemente qualitativo. Para Minayo (2010), a pesquisa qualitativa trabalha com o universo de significados, dos motivos, das aspirações, das crenças, dos valores e das atitudes. Esse conjunto de fenômenos sensíveis é entendido aqui como parte da realidade social, pois o ser humano se distingue não só por agir, mas por pensar sobre o que faz e por interpretar suas ações dentro e a partir da realidade vivida e partilhada com o outro (MINAYO, 2010, p. 24).

A investigação se articula na complexidade da construção das representações que está mergulhada em um movimento de relação constante entre sujeito e objeto do conhecimento, estejam eles, no contexto escolar, social ou particular. Movimentos que produzem certos valores, conceitos e representações da vida e do mundo nesse universo da aprendizagem significativa.

Dessa forma, a temática da investigação se ampliou a partir do pressuposto de que os conhecimentos se ampliam e se modificam com base nas estruturas cognitivas do sujeito aprendente, dos conhecimentos prévios e das relações pessoais e coletivas, estimulados tanto pelas experiências do cotidiano social quanto pelas novas informações do contexto escolar, resultando, assim, em um processo de aprendizagem significativa.

O trabalho investigativo desenvolvido em uma perspectiva metodológica qualitativa tem pressuposições reflexivas que interagem e apontam fatos determinantes no processo da aprendizagem significativa, construindo novas alternativas de interação e troca de experiências entre professor e aluno em sala de aula. Com informações mapeadas, analisadas e compreendidas, acreditamos na possibilidade de construir uma prática formativa e educativa emancipadora e, com isso, a construção de novos conhecimentos voltados para a emancipação pessoal e coletiva.

Nesse sentido, o aprendizado se torna prazeroso por estar dentro de uma perspectiva dos conhecimentos prévios de cada aprendente, o qual está em constante troca de experiências com o outro, reconstruindo sua identidade e sua autoestima.

A produção e análises das informações da pesquisa estão pautadas na conversação reflexiva com o aporte teórico e com os dados fornecidos pelos sujeitos da investigação, uma busca de interlocução a partir de uma visão científica enquanto prática social na construção de novos conhecimentos. Essa forma de pensamento e de construção de conhecimento torna possível a transformação do método científico em um processo dinâmico e próximo daquele que realiza a pesquisa, o pesquisador.

Tal concepção de ciência e de produção de conhecimento, bem como a abordagem metodológica aqui proposta está em coerência com a ideia defendida por Luna (1989) quando afirma que não faz qualquer sentido discutir a metodologia fora de um quadro de referência teórica que, por sua vez, é condicionada por pressupostos epistemológicos.

Para Gamboa (1995), as técnicas e métodos de pesquisa científica, tanto aqueles qualitativos quanto os quantitativos, não podem jamais ser compreendidos e avaliados em si mesmos, ou seja, todas as diferentes formas e abordagens metodológicas, na pesquisa científica, estão contextualizadas e relacionadas com o problema de pesquisa, com os objetivos, com o tema de investigação, com o contexto da pesquisa. Enfim, são construídas em linha de coerência e de diálogo no ambiente de investigação. Do qual se conclui, segundo Gamboa (1995), que técnica e método não estão separados.

Nesse sentido, a pesquisa qualitativa e quantitativa possibilita construir uma relação entre sujeitos carregados de culturas, histórias e ciências que definem seus modos de pensar e agir no decorrer dos processos de construção do conhecimento. Nesses procedimentos, ambos, sujeito e pesquisador, estão em constante aprendizagem, visto que a explicitação e a escuta das vivências individuais passam a constituir o conhecimento de si mesmo na interação com o outro.

4.1 CONTEXTO DA PESQUISA

O trabalho foi elaborado junto ao Programa de Pós-Graduação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Rio Grande do Norte, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF) - (IFRN) – RN, porém as observações, os levantamentos e os experimentos foram desenvolvidos no contexto de duas instituições de ensino básico, uma delas particular e outra pública, em turmas do segundo ano do Ensino Médio na disciplina de Física.

Os sujeitos participaram voluntariamente nas respostas dos questionários e no desenvolvimento dos experimentos uma vez que, foram desenvolvidos durante as aulas do turno matutino das instituições, nas quais os pesquisadores ministram as aulas de Física.

4.2 SUJEITOS DA PESQUISA

Para levantar dados sobre a temática da aprendizagem significativa de conceitos da Física, tendo o conhecimento prévio e o novo conhecimento como base do processo da construção do conhecimento, desenvolvemos e aplicamos questionários e experimentos aos alunos das escolas. Esses alunos foram divididos em grupos nas três turmas (A), (B) e (C) do Ensino Médio, na disciplina de Física.

Os alunos participaram como alunos da disciplina e como sujeitos da pesquisa durante as aulas letivas, nas quais foram desenvolvidos conteúdos curriculares, em sala de aula e no laboratório.

As características dos sujeitos estão dentro de uma média observada por nós. Duas turmas da escola particular, uma com 16 alunos e a outra com 25 alunos, e uma turma da escola pública com 30 alunos. A faixa etária dos alunos participantes da pesquisa é de dezesseis anos e moram na cidade de Natal – RN. Eles têm acesso à celular, à Internet, ao Whatsap e ao Facebook, tecnologias que os mantêm conectados, em média, vinte quatro horas por dia às informações do mundo.

Para a realização das atividades em laboratório, os alunos dividiram-se em grupos de quatro ou cinco componentes. O nome real dos sujeitos será mantido em anonimato para preservarmos suas identidades. Dessa forma, os grupos serão identificados por nomes fictícios.

4.3 FASES DA PESQUISA

Nesse ponto da metodologia, apresentamos as etapas no processo de levantamento de informações, dados e aplicação de experimentos com grupos de alunos nas três turmas do segundo ano do Ensino Médio, na disciplina de Física, em sala de aula.

Iniciamos o processo exploratório verificando os conhecimentos prévios dos alunos a respeito do que eles entendem por calor e temperatura. Para isso, elaboramos um questionário o qual denominamos pré-teste para verificar os conhecimentos prévios e as concepções dos alunos no tocante ao tema. O pré-teste encontra-se no apêndice A.

Nessa etapa, os questionários continham perguntas que foram apresentadas aos grupos de alunos das três turmas. Essa atividade avaliativa teve a finalidade de

verificar os conhecimentos prévios referentes ao tema sensação térmica, cujo objetivo é trabalhar os conceitos de calor e temperatura a partir dos conhecimentos trazidos pelos alunos.

Durante a formulação do pré-teste, tivemos a preocupação de averiguar o objetivo de cada questão. O questionário elaborado segue uma ordem de conhecimentos associados, tais como: equilíbrio térmico, fonte térmica, condutor térmico, isolante térmico, absorção térmica, calor e temperatura.

Quadro 2. Objetivos das questões do pré-teste

Objetivos	Questão
<p>Esta questão tem por objetivos verificar o que o aluno conhece a respeito de equilíbrio térmico e do calor.</p>	<p>1 – Quando dois corpos de tamanhos diferentes estão em contato com a mesma temperatura, ambos isolados do meio ambiente, pode-se dizer que:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) o corpo maior é o mais quente. b) o corpo maior cede calor para o corpo menor. c) não há troca de calor entre os corpos. d) o corpo menor cede calor para o corpo maior. e) o corpo menor é mais quente.
<p>Esta questão tem por objetivo explorar o entendimento do aluno no que se refere ao equilíbrio térmico dos corpos, independentemente das massas com a fonte térmica (forno).</p>	<p>2 – Dois objetos de mesmo material, porém de massas diferentes, ficam durante muito tempo em um forno. Ao serem retirados do forno, são imediatamente colocados em contato dentro de um calorímetro. Nessa situação,</p> <ul style="list-style-type: none"> a) passa calor do objeto de maior massa para o de menor massa. b) passa calor do objeto de menor massa para o de maior massa. c) nenhum dos objetos passa calor ao outro.

	<p>d) o corpo de maior massa terá uma temperatura maior.</p> <p>e) o corpo de menor massa terá uma temperatura maior.</p>
<p>Esta questão tem por objetivos explorar o entendimento do aluno no que se refere ao equilíbrio térmico dos corpos, independentemente das massas dos corpos com a máquina frigorífica (geladeira).</p>	<p>3 – Os mesmos objetos da questão anterior são agora deixados por muito tempo em uma mesma geladeira. Nessa situação, ao serem retirados e imediatamente colocados em contato, um com o outro,</p> <p>a) nenhum dos objetos possui energia térmica.</p> <p>b) o calor do objeto de maior massa passa para o de menor massa.</p> <p>c) nenhum dos objetos passa calor ao outro.</p> <p>d) o calor do objeto de menor massa passa para o de maior massa.</p> <p>e) o corpo de maior massa terá maior calor que o de menor massa.</p>
<p>Esta questão tem a finalidade de verificar o que o aluno entende por fonte térmica, condutor e isolante térmico.</p>	<p>4 – Um bom cobertor é aquele que:</p> <p>a) impede que o frio passe por ele.</p> <p>b) aquece o corpo humano.</p> <p>c) evita que o corpo humano perca temperatura para o ambiente.</p> <p>d) dificulta a condução do calor liberado pelo corpo humano para o ambiente.</p> <p>e) impede a condução do frio do ambiente para o corpo humano.</p>

<p>Esta questão tem por objetivo verificar qual o entendimento que o aluno tem a respeito dos materiais que trocam o calor de forma mais intensa e menos intensa.</p>	<p>5 – Um estudante descalço, em uma sala ladrilhada (cerâmica), coloca seu pé esquerdo diretamente sobre a cerâmica e seu pé direito sobre um tapete ali existente. Diante do exposto, é correto afirmar que:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) a temperatura do tapete é menor do que a da cerâmica. b) o tapete e a cerâmica estão a uma mesma temperatura. c) a temperatura da cerâmica é menor do que a do tapete. d) a cerâmica possui mais calor que o tapete. e) o tapete é mais quente que a cerâmica porque tem mais calor.
<p>Esta questão tem por objetivo verificar qual o entendimento que o aluno possui a respeito das condições de existência do calor.</p>	<p>6 – Para se admitir a existência do calor:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) basta um único corpo. b) são necessários, pelo menos, dois corpos. c) basta um único corpo, mas ele deve estar “quente”. d) basta um único corpo, mas ele deve estar “frio”. e) são necessários, pelo menos, dois corpos: um “quente” e outro “frio”.
	<p>7 – Podemos associar o calor:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) a qualquer corpo, pois todo corpo possui calor. b) apenas àqueles corpos que se encontram “quentes”.

<p>Esta questão tem o objetivo de explorar o conhecimento intuitivo do aluno acerca da definição de calor.</p>	<p>c) a situações, nas quais há, necessariamente, transferência de energia térmica.</p> <p>d) apenas àqueles corpos que se encontram “frios”.</p> <p>e) a corpos que possuem temperaturas acima de 40°C.</p>
<p>Esta questão tem o objetivo de verificar se o aluno reconhece a importância da termodinâmica no seu dia a dia.</p>	<p>8 – A Termodinâmica está muito presente na vida do ser humano desde a pré-história até os dias atuais. Qual a importância científica e pessoal dos conceitos de temperatura e calor para você?</p> <p>a) Muito importante.</p> <p>b) Importante.</p> <p>c) Pouco importante.</p> <p>d) Sem importância.</p> <p>Justifique sua resposta:</p> <p>.....</p>

Fonte: Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho (2017)

Além da fase exploratória, a fase empírica do produto e os resultados serão trabalhadas no capítulo seguinte, devido a amplitude de sua fundamentação teórica, das etapas práticas e das análises dos resultados.

5. ELABORAÇÃO E APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

A unidade didática é um instrumento que promove a articulação dos conteúdos de aprendizagem com as sequências de atividades, orientadas a partir dos objetivos que se pretende alcançar, respeitando as etapas e as capacidades dos alunos. Sendo assim, é uma forma de organização do ensino e da aprendizagem. Dessa forma, idealizamos a seguinte unidade didática.

Unidade Didática com base na Teoria Cognitivista de Ausubel

Leaivlam Rodrigues de Lima

Tema: Noções de Calor e Temperatura

I – Objetivos

1. Desenvolver no aluno a compreensão de que o tato nos proporciona apenas uma sensação térmica, não uma medida de temperatura e que, para se mensurá-la, é necessário a utilização de um instrumento de medida apropriado chamado termômetro.
2. Constatar o princípio de conservação da energia térmica de um sistema de corpos que interagem e determinam o calor específico sensível de corpos metálicos, verificando sua dinâmica temporal na troca de calor.

II – Público alvo

Alunos da segunda série do ensino médio.

III – Conteúdos de Aprendizagem

1. Conceituais

- 1.1. Energia
- 1.2. Calor
- 1.3. Temperatura
- 1.4. Equilíbrio térmico
- 1.5. Quantidade de calor sensível
- 1.6. Calor específico sensível

2. Procedimentais

- 2.1. Dinamizar o conteúdo e valorizar o conhecimento prévio dos alunos.
- 2.2. Construir o conceito de calor a partir da sensação térmica e observações de fenômenos macroscópicos que despertem a curiosidade dos alunos. Assim, fortalecendo a interação deles com o processo ensino/aprendizagem.
- 2.3. Descrever o processo de transferência de energia térmica de um corpo para outro e analisar que fatores contribuem para essa transferência.
- 2.4. Calcular os valores do calor específico de dois metais distintos (Al e Cu).
- 2.5. Contextualizar o conteúdo termodinâmica com assuntos relacionados ao cotidiano dos estudantes.
- 2.6. Pesquisar conceitos de termodinâmica em fonte como: livros, internet, entre outros.
- 2.7. Apresentar, para o grande grupo, o trabalho realizado por eles.

3. Atitudinais

- 3.1. Cooperação com o grupo.
- 3.2. Envolvimento durante as atividades.
- 3.3. Responsabilidade e respeito diante do que é proposto pelo professor e pelo grupo.
- 3.4. A integração de ideias.
- 3.5. A socialização das discussões.
- 3.6. Reconhecer as concepções prévias dos alunos antes e após as práticas.
- 3.7. Aprender a respeitar as concepções dos colegas.
- 3.8. Reconhecer potencialidades, aceitar e superar limites.
- 3.9. Visar à inserção do aluno no contexto social, para que haja discussão acerca de temas físicos e sociais sempre que possível.

- 3.10. Estimular o desenvolvimento de um pensamento crítico no aluno em relação à importância socioeconômica dos processos termodinâmicos, analisando os benefícios e os malefícios desse processo.

IV – Sequência de Ensino e Aprendizagem

Aula 1 – 1° dia =====

TEMA: Conhecimentos prévios dos alunos.

OBJETIVO

- Verificar os conhecimentos prévios que os alunos têm a respeito do tema Calor e Temperatura.

TEMPO ESTIMADO PARA A AULA: Uma aula de quarenta e cinco minutos.

DESENVOLVIMENTO: O professor deverá fazer um levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos, aplicando o questionário que se encontra no apêndice A relativo ao tema Calor e Temperatura, com questões diversas, que darão ao professor uma radiografia do entendimento dos alunos em relação a esse assunto. Dessa forma, possibilita ao professor elaborar uma estratégia de ensino-aprendizagem, a partir dos pontos em que verificou deficiências conceituais e de concepção.

Aula 2 e 3 – 2° dia =====

TEMA: Sensação térmica.

OBJETIVOS

- Entender que o tato nos proporciona uma sensação térmica, não uma medida exata da temperatura.
- Concluir que é necessário um instrumento apropriado para mensurar a temperatura.

RECURSOS INSTRUCIONAIS: Cubas plásticas, gelo, água quente e água em temperatura ambiente.

TEMPO ESTIMADO PARA A AULA: Duas aulas de quarenta e cinco minutos.

CONHECIMENTOS PRÉVIOS: Calor, temperatura e equilíbrio térmico, assuntos trabalhados anteriormente pelo professor de física teórica em sala de aula.

DESENVOLVIMENTO:

A aula de sensação térmica será desenvolvida, no laboratório de física térmica, com grupos de alunos de até quatro componentes, reunidos por afinidades. Após a chegada ao laboratório, os grupos deverão se dirigir para a sua bancada, onde estarão os materiais a serem utilizados e o roteiro da experiência que se encontra no apêndice B. Neste momento, o professor de laboratório dará as devidas informações aos alunos sobre as normas de segurança e os devidos cuidados ao realizarem a atividade.

É muito importante posicionar corretamente os alunos frente ao experimento, ou seja, o aluno deverá ficar em frente ao experimento com a cuba de água com gelo do seu lado esquerdo, água na temperatura ambiente no centro e a água morna do seu lado direito.

O professor deverá acompanhar cada etapa da experimentação, observando a participação, a seriedade e as discussões dos alunos, que ocorrerão ao longo do experimento. Isso será também pontuado na avaliação.

Durante o primeiro momento da experimentação, os alunos verificarão sensações térmicas diferentes, quando introduzirem as duas mãos no mesmo líquido. Espera-se que as sensações obtidas pelas duas mãos sejam as mesmas. Ao retirá-las da cuba central e inseri-las nas cubas laterais, espera-se que a mão direita, que será inserida na água que está a aproximadamente 40°C, tenha a sensação térmica de que a água está quente, enquanto a mão esquerda, que será colocada na água com gelo, terá a sensação oposta, isto é, fria.

Quando retirarem as mãos das duas cubas e inseri-las novamente na cuba central, terão sensações térmicas diferentes em cada mão. Para a mão direita, terão a sensação de que a água está fria e, para a mão esquerda, terão a impressão de que a água está quente. Esse é o grande momento, em que ocorre um conflito cognitivo, que levará os alunos a debaterem e a compreenderem que a sensação térmica não indica se um corpo está quente ou frio, mas indica uma condição que aparentemente aquele ambiente está em relação ao meio de referência. Com isso, o aluno deverá chegar à conclusão de que o tato não fornece o verdadeiro estado

térmico do corpo, mas apenas uma concepção comparativa entre um estado anterior e o atual. Portanto, tem-se a necessidade de quantificar o real estado térmico, através de um instrumento de medida, para que os diversos estados térmicos possam ser comparados em função de um referencial comum, o termômetro.

AVALIAÇÃO: O aluno será avaliado pela composição dos aspectos qualitativos, através de sua participação, integração e discussão dentro do próprio grupo, e quantitativos, através do relatório entregue ao professor.

Aula 4 e 5 – 3° dia =====

TEMA: Calor específico.

OBJETIVOS

- Verificar o princípio de conservação da energia térmica de um sistema.
- Determinar o calor específico de objetos metálicos e verificar sua dinâmica temporal na troca de calor.

RECURSOS INSTRUCIONAIS: calorímetro, termômetro, corpo sólido de alumínio, corpo sólido de cobre, balança, Becker, fonte térmica, tela de amianto.

CONHECIMENTOS PRÉVIOS: Capacidade térmica, quantidade de calor e calor específico sensível, assuntos trabalhados em sala de aula pelo professor de física teórica.

DESENVOLVIMENTO:

Os alunos serão levados, em pequenos grupos, ao laboratório, formados por afinidades entre eles.

Cada grupo deverá ser encaminhado para a sua bancada, onde estarão os materiais e aparatos a serem utilizados no experimento e o roteiro que se encontra no apêndice C. O professor, inicialmente, deverá informar aos alunos as normas de segurança no laboratório.

Dado início ao processo investigativo, os alunos deverão medir a massa do primeiro corpo metálico (m_{metal1}). É importante que não tenha resíduos no corpo metálico, e que a balança seja tarada, ou seja, zerada, para que a medida da massa

do objeto investigado seja mensurada corretamente, pois, quando equivocada, implicará resultados errados. Após a medição da massa do corpo, o aluno deverá inseri-lo em um Becker com aproximadamente 200ml de água e levá-lo à fonte térmica para que seja aquecido. Não esquecer de inserir a tela de amianto abaixo do Becker ao colocá-lo para aquecer, para que o calor possa se distribuir igualmente no fundo do recipiente. Enquanto a água é aquecida com o corpo metálico em seu interior, o grupo deverá medir a massa da água ($m_{\text{água}}$) que será colocada no interior do calorímetro e a sua temperatura ($T_{0\text{água}}$). Para tanto, o aluno que for fazer a medida da massa de água, deverá, primeiramente, ter o cuidado de tarar a balança com o calorímetro, para que a medida feita só leve em consideração a medida de água inserida no calorímetro. Após a medição da massa da água, o aluno deverá fechar o calorímetro e inserir um termômetro pela abertura que se encontra na tampa do calorímetro. O professor deverá explicar aos alunos que essa medição de temperatura interna deve ser feita isolada do meio externo, para que o mesmo não venha a sofrer influência. Daí a expressão de um “**sistema isolado**”. Deve ficar bem claro para os alunos que um **sistema isolado**, em física, é um **sistema** que não troca nem matéria e nem energia com o ambiente, sendo delimitado por uma fronteira completamente restritiva à troca de matéria, à variação de volume e ao calor.

Quando a água do Becker estiver fervendo, o grupo deverá verificar a temperatura do conjunto (água + corpo metálico) com o segundo termômetro. Ao se fazer essa medida, o grupo terá a temperatura inicial do corpo metálico (T_0), visto que esse corpo se encontra em equilíbrio térmico com a água. Após verificar a temperatura de forma indireta do corpo, o grupo deverá aproximar o calorímetro do Becker ainda sobre a fonte térmica e transferir rapidamente o corpo para o interior do calorímetro, de modo que a interação com o meio externo possa ser a mínima possível. Com o calorímetro fechado, o corpo metálico irá interagir com a água e passará um fluxo de energia térmica (calor) do corpo de maior temperatura (corpo metálico) para o de menor temperatura (água), até que se estabeleça o equilíbrio térmico. É importante que o grupo perceba que, durante a interação entre os corpos, inicialmente, a temperatura da água aumenta muito rápido, e, a medida em que o tempo passa, a velocidade desse aumento de temperatura vai diminuindo até

que a temperatura se estabilize por um determinado tempo. Esse é o momento em que o grupo identificará a temperatura de equilíbrio (T_{eq}).

Com os valores encontrados da massa da água ($m_{\text{água}}$), da massa do corpo metálico 1 (m_{c1}), das temperaturas iniciais da água ($T_{0\text{água}}$), do corpo metálico ($T_{0\text{metal1}}$) e da temperatura de equilíbrio (T_{eq}), devidamente anotados na tabela 1 do roteiro, daremos início ao processo da segunda etapa, ainda da coleta de dados, agora com o segundo corpo metálico, repetindo todo o procedimento descrito anteriormente.

Após a coleta de dados, preenchidas as tabelas 1 e 2 do roteiro, os grupos partirão para uma análise dos fenômenos, na qual responderão a algumas indagações sobre a sua percepção a respeito do processo.

Primeiramente, analisarão o ocorrido com as temperaturas dos metais e da água, quando postos em contato no interior do calorímetro. Nesse momento, os alunos irão refletir o porquê de a temperatura da água ter aumentado. É sabido pelos alunos que a energia não pode ser criada nem destruída (Princípio da conservação da energia). Logo, o que estaria contribuindo para esse aumento de temperatura? Teoricamente, nosso sistema é isolado. Portanto, é esperado que os alunos cheguem à conclusão de que a água está recebendo “algo” que pode provocar esse aumento em sua temperatura. Se a água recebe algo, logo terá um “doador”. Esse “doador” só poderá ser o metal. Espera-se que o aluno chegue à conclusão de que esse “algo” transferido, na realidade, é uma forma de energia que produz o aumento de temperatura. Se existe um “doador”, no caso o metal, essa energia está sendo subtraída dele, logo, a sua temperatura será diminuída. Esse processo de transferência de energia do metal para a água, que está sendo motivada pela diferença de temperatura entre os corpos que estão interagindo, continuará até que se estabeleça o equilíbrio térmico entre os dois corpos. É de grande importância que os alunos percebam que essa energia transferida (Calor), doada pelo metal, é transferida para a água e para o calorímetro. Considerando-se o calorímetro em questão como ideal, ou seja, que não permite qualquer interação entre ele e o meio interno e externo, obtém-se uma transferência integral da energia térmica do corpo metálico para a água, logo, seguindo o princípio da conservação de energia, a somatória da quantidade de calor cedida com a absorvida é zero

($\sum Q = 0$). Com isso, observa-se que a quantidade de calor cedida pelo metal é integralmente absorvida pela água ($Q_{metal} = Q_{água}$).

Após essa etapa, com a intervenção do professor, no momento apropriado, os grupos deverão quantificar esse calor e determinar o calor específico de cada metal, a partir da análise qualitativa e dos dados coletados.

Primeiramente, o aluno deve perceber que como a temperatura dos corpos varia e não ocorre mudança nos estados físicos dos materiais envolvidos, o calor associado, nesse momento, é o calor sensível, pois ele é o responsável pelo aumento ou diminuição de temperatura, sem que ocorra mudança de estado físico. Já o calor latente é o responsável pela mudança de estado físico, sem que ocorra alteração de temperatura, o que não ocorre com os materiais envolvidos.

A partir dos dados coletados e anotados nas tabelas 1 e 2 do roteiro, e estando os alunos seguros quanto ao tipo de calor envolvido, pode-se determinar agora a quantidade de calor que a água absorve do metal em cada processo.

Sendo o calor absorvido (calor sensível), a quantidade de calor absorvida pela água será dada por:

$$Q_{água} = m_{água} \cdot c_{água} \cdot (T_{eq} - T_{0água})$$

Como essa quantidade de calor foi integralmente recebida do metal, os alunos deverão, a partir do princípio da conservação da energia, determinar o calor específico do metal através da seguinte idealização:

$$\sum Q = 0$$

$$Q_{metal} + Q_{água} = 0$$

como,

$$Q_{metal} = m_{metal} \cdot c_{metal} \cdot (T_{eq} - T_{0metal})$$

temos que:

$$m_{metal} \cdot c_{metal} \cdot (T_{eq} - T_{0metal}) + Q_{água} = 0$$

daí,

$$c_{metal} = - \frac{Q_{água}}{m_{metal} \cdot (T_{eq} - T_{0metal})}$$

Seguindo o mesmo princípio, os grupos deverão determinar o calor específico do outro metal.

Com os valores obtidos do calor específico do alumínio e do cobre, os alunos deverão comparar seus resultados com os valores médios de tabela obtidos em condições normais de pressão (1atm) e temperatura (25°C). Nessa discussão, aparecerão vários questionamentos a respeito dos valores encontrados, pois, na sua maioria, estes valores não coincidirão com os valores tabelados. Daí a grande importância das discussões no grupo, pois surgirão hipóteses e argumentações para justificar os valores conflitantes.

É importante que ao final, o professor possa, a partir dos resultados encontrados, reunir os grupos e fazer um grande debate, explorando as hipóteses e justificativas relevantes que possam contribuir ao entendimento do assunto.

AVALIAÇÃO: O aluno será avaliado pela composição dos aspectos qualitativos, através de sua participação, integração e discussão dentro do próprio grupo, e quantitativos, através do relatório entregue ao professor.

V – Recursos Pedagógicos

a) Material de laboratório:

- Três recipientes grandes de água
- 1,5 litros de água morna (temperatura de banho)
- 1,5 litros de água fria
- 3,5 litros de água da torneira (temperatura ambiente)
- Um recipiente com gelo
- Uma garrafa térmica
- 1 calorímetro
- 1 termômetro
- 1 balança
- 2 Becker de 250ml

- 1 Becker de 500ml
- Dois corpos sólidos: alumínio e cobre
- 1 fonte térmica
- 1 tela de amianto

VI – **Avaliação**

A avaliação será processual e contínua, na qual as atividades propostas, em cada aula, serão avaliadas pelo professor através dos conteúdos de aprendizagens procedimentais e atitudinais do aluno e pelo relatório de cada experiência.

6. PASSOS DA INVESTIGAÇÃO CIENTÍFICA

A presença do conhecimento de Física no Ensino Médio ganhou um novo sentido a partir das diretrizes apresentadas nos PCNs pós LDB/96. Trata-se de construir uma visão da Física que esteja voltada para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade (BRASIL, 2002).

Apesar desses princípios, os conhecimentos dos conceitos de Física no Ensino Médio são, em muitos casos, permeados pelo senso comum e, este por sua vez, está muito distante do conhecimento científico aceito pela comunidade científica. O aluno do Ensino Médio, por uma questão histórica, em que os conteúdos científicos são trabalhados valorizando técnicas de memorização e aplicação matemática, possui uma grande dificuldade de interpretação científica no tocante aos conceitos de calor e temperatura, pois, de um modo geral, as partes histórica, conceitual e experimental ainda são trabalhadas de forma desarmônica em sala de aula.

O resultado, impulsionado por ações mecânicas, é consequência da prática de memorização, e de um sistema de aprendizagem tradicional que dispensa a cultura do pensar e do refletir, principalmente, sobre os conceitos científicos e a familiaridade com os conhecimentos prévios e históricos da sociedade. Dessa forma, um sistema curricular, didático e pedagógico com perspectivas de conhecimento literal e arbitrário cria dificuldades para o aluno desenvolver a aprendizagem significativa. Segundo a teoria de Ausubel (2003), todo professor, antes de planejar sua didática, precisa levar em conta algum conhecimento especificamente relevante já existente na estrutura cognitiva do sujeito que aprende.

Assim, compreende-se que as atividades experimentais são grande possibilidade para orientar e facilitar a aprendizagem significativa dos alunos em Física, no contexto da sala de aula do Ensino Médio, pois, grande parte dessa problemática com relação à aprendizagem dos conceitos de Física é resultado de certas dificuldades estruturais de muitas escolas públicas, que não possuem laboratório de física e, quando possuem, falta material adequado ou não tem professor.

Nesse sentido, o trabalho propõe duas atividades experimentais para desenvolver os conceitos de calor e temperatura, utilizando materiais e equipamentos acessíveis e com baixo investimento pelas escolas. A primeira experiência, trata-se da sensação térmica. Os alunos serão levados a entender que o tato nos proporciona

uma sensação térmica e não uma medida da temperatura, como o termômetro (instrumento mais correto para medir temperatura). A segunda experiência, calor específico sensível dos metais, consiste em verificar a dinâmica temporal na troca de calor, associando ao princípio da conservação da energia térmica do sistema, e medir o calor específico de dois corpos metálicos de prova constituídos de substâncias distintas: cobre e alumínio.

6.1 SENSAÇÃO TÉRMICA

As informações do mundo podem ser sentidas, tais como: sons, visões, cheiros, gostos, temperatura, pressão, posição do corpo e o movimento de partes dele. A todo o momento, coisas diferentes são percebidas pelos seres humanos, que ainda têm a tarefa de determinar como e quando reagir ou ignorar as informações que recebem – tarefa realizada pelo cérebro.

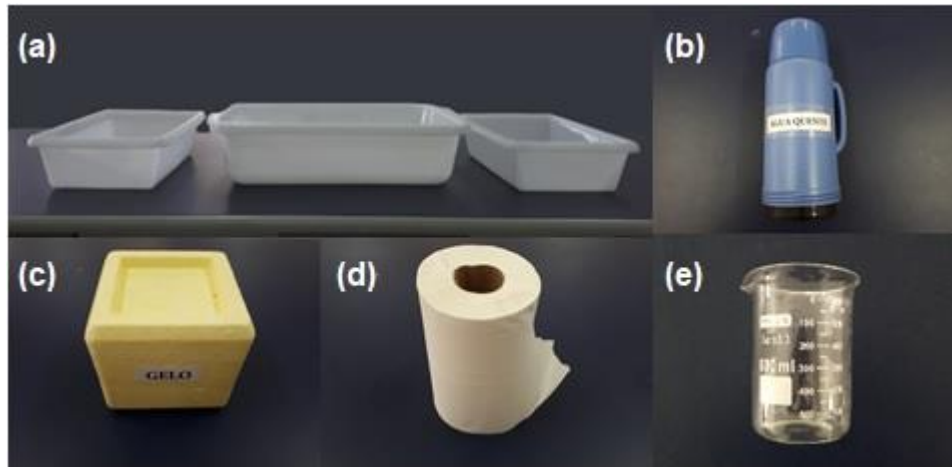
Essa organização e integração das várias percepções permitem que os seres humanos deem algum sentido ao mundo. Uma delas é a sensação térmica que os seres humanos constataam no cotidiano através do tato. Essa sensação será verificada, na primeira atividade experimental, com a finalidade de avaliação referente ao tema “sensação térmica”.

Com essa atividade, os alunos serão levados a entender, de forma significativa que o tato proporciona uma sensação térmica, não uma medida exata da temperatura. Com isso, percebe-se que, para estimar a temperatura de um corpo, é necessário um instrumento apropriado – o termômetro.

Para a realização do referido experimento, são necessários os seguintes materiais: Três recipientes grandes de água (cubas); 1,5 litros de água morna (temperatura de banho); 1,5 litros de água fria; 3,5 litros de água da torneira (temperatura ambiente); um recipiente com gelo; uma garrafa térmica com água aquecida; um Becker de 500ml e papel toalha, como mostra a Figura 2.

O professor deverá distribuir os alunos em grupos de, no máximo, quatro (4) componentes, preferencialmente, antes da aula no laboratório, para que possa otimizar o tempo de experimento.

Figura 2 – (a) Três cubas, (b) garrafa térmica, (c) caixa de gelo, (d) papel toalha, (e) Becker de 500ml



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho (2017).

No laboratório, cada grupo deverá se dirigir a uma bancada, onde estarão as três cubas, a garrafa térmica com água aquecida o recipiente com gelo, o papel toalha e o Becker.

Inicialmente, o professor deverá orientar os alunos sobre a segurança no manuseio dos materiais e a seriedade que todos deverão ter durante todo o processo investigativo. Além disso, ao final do experimento, a bancada deverá estar organizada, limpa e seca. Também é muito importante informar aos alunos que serão avaliados, ao final do experimento, pelo relatório e pelos conteúdos procedimentais e atitudinais.

Cada grupo deverá colocar os três recipientes em linha, um ao lado do outro, como mostrado na Figura 3.

Figura 3 – Disposição das cubas



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho (2017)

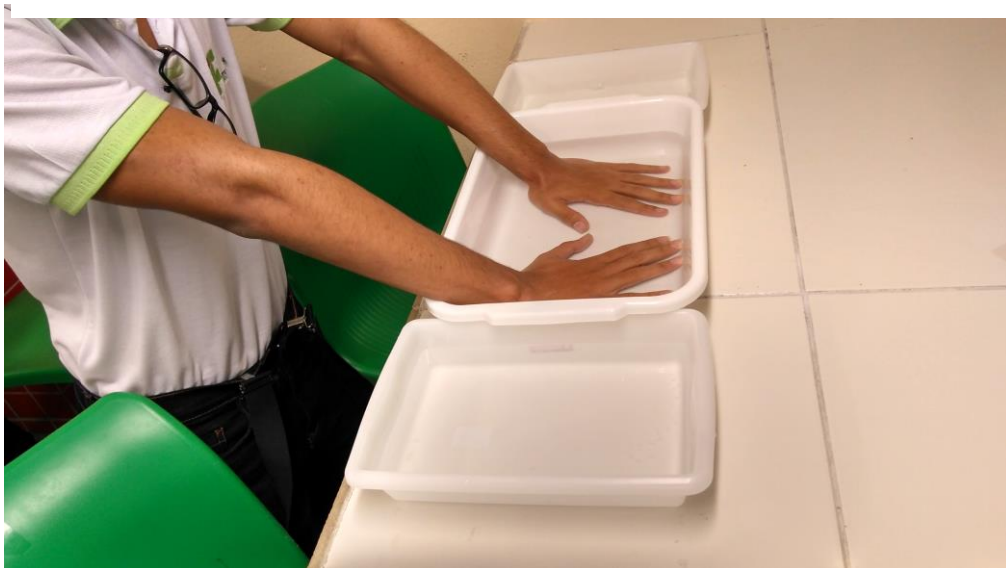
Com o copo de Becker, o grupo deverá recolher água da torneira e encher parcialmente as três cubas, de forma que, ao inserir as mãos nestas, não ocorra

transbordamento. Na cuba do lado esquerdo, o grupo deverá colocar algumas pedras de gelo; na cuba do lado direito, deverá inserir água quente a uma temperatura que, ao colocar a mão, não corra o risco de queimadura e, na cuba central, teremos água à temperatura ambiente.

Com as cubas devidamente cheias e preparadas para a experiência, um dos componentes do grupo deverá se posicionar de frente às cubas, de modo que a cuba com água e gelo esteja do seu lado esquerdo e com a água morna, do seu lado direito.

Para dar início ao processo experimental, o aluno deverá inserir simultaneamente as duas mãos na cuba central e deixá-la durante um pequeno intervalo de tempo de aproximadamente 1 minuto, como mostra a Figura 4.

Figura 4 – Inserindo, inicialmente, as mãos no recipiente central



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho (2017)

Nesse momento, o aluno deverá descrever, para seus componentes de grupo, quais as sensações térmicas que está sentindo, ou seja, se a sensação da mão direita é igual ou diferente da sentida na mão esquerda. Essa sensação deverá ser descrita no roteiro do experimento que se encontra no apêndice B.

Como resultado, espera-se que o aluno descreva que as duas mãos têm as mesmas sensações térmicas e que ambas dão a impressão de que a água esteja a temperatura ambiente.

Dando continuidade à experiência, o aluno deverá rapidamente retirar as mãos do recipiente central e colocar a mão direita no recipiente da direita, onde se encontra a água aquecida, e a mão da esquerda no recipiente da esquerda, onde se tem a água com gelo. O aluno ficará nessa posição durante um certo tempo, para que possa descrever a sensação que cada mão está submetida, como mostra a Figura 5.

Figura 5 – Inserindo as mãos nos recipientes laterais (água aquecida e água com gelo)



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho (2017)

Após a inserção das mãos nos dois recipientes e decorrido um intervalo de tempo de aproximadamente um minuto, o aluno precisará relatar as sensações térmicas experimentadas pelas mãos direita e esquerda, como também descrever tais sensações no roteiro do experimento.

Como resultado, espera-se que o aluno tenha uma sensação térmica diferente entre as mãos, tendo a mão esquerda uma sensação de que a água está fria (água com gelo) e a mão direita de que a água está quente (água aquecida). Isso se deve ao fato de que o referencial que o aluno está tomando é o da água do recipiente central com água à temperatura ambiente.

Após alguns instantes com as mãos inseridas nos recipientes laterais, o aluno necessitará retirar as mãos simultaneamente dos recipientes e inserir de imediato no recipiente central novamente. É importante que o aluno não passe muito tempo com a mão fora do recipiente, pois o meio externo poderá influenciar na sensação. Ao inserir as mãos no recipiente central, como mostra a Figura 6, o aluno deverá também descrever a sensação térmica que está sentindo nas duas mãos.

Figura 6 – Inserindo novamente as mãos no recipiente central



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho (2017)

Espera-se que as sensações sejam diferentes, ou seja, o aluno irá descrever a sensação de que a água está quente para a mão esquerda e fria para a mão direita. Isso irá criar um conflito cognitivo no aluno e, possivelmente, no grupo, visto que a água do recipiente é a mesma. Com isso, os outros componentes do grupo irão ficar curiosos, e deverão, nesse momento, refazer toda a experiência para comprovar o resultado encontrado. Diante disso, o grupo discutirá e tentará encontrar uma tese que possa explicar o resultado.

Esse conflito cognitivo já é esperado, pois os referenciais mudaram. Para a mão esquerda, o seu referencial é a água com gelo, logo, as comparações serão feitas a partir dessa referência. Portanto, a água do recipiente central lhe parecerá quente. Para a mão direita, o referencial é uma água quente, logo, quando a mão for inserida no recipiente central, a água lhe parecerá fria em relação à água do recipiente anterior. Diante das observações feitas, a questão do roteiro “a água do recipiente central está quente, fria ou à temperatura ambiente”, terá como resposta: “Com a experiência

realizada, não se define, com certeza, se a água no recipiente está fria, quente ou à temperatura ambiente”.

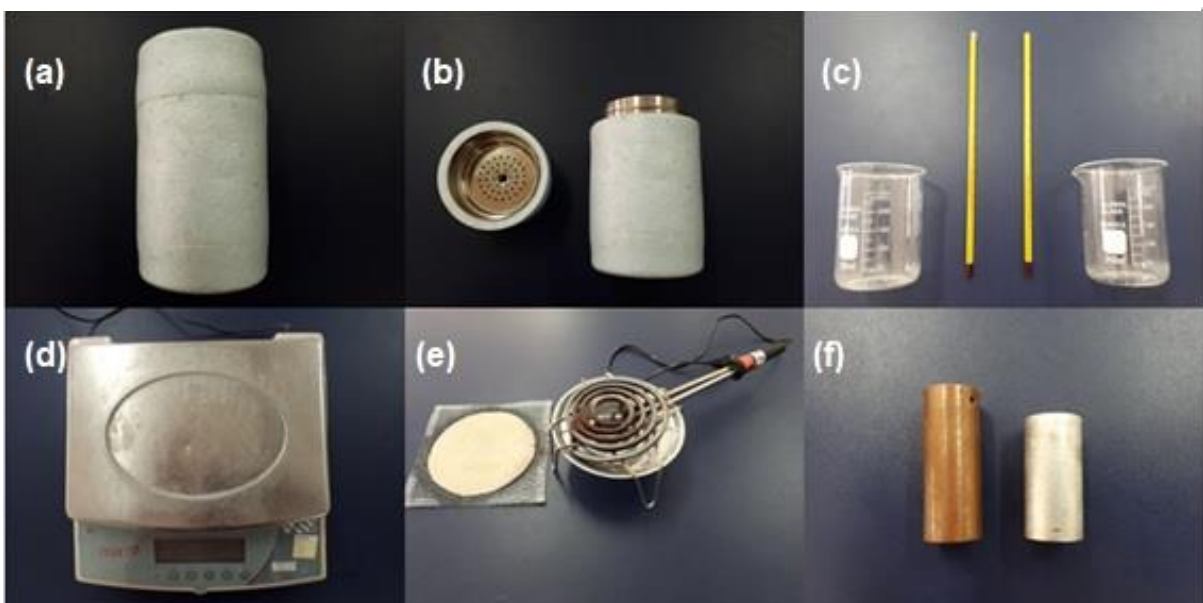
6.2 CALOR ESPECÍFICO SENSÍVEL DOS METAIS

A atividade experimental desta unidade consiste em verificar a dinâmica temporal na troca de calor, associando ao princípio da conservação da energia térmica do sistema e em medir o calor específico de dois corpos de prova constituídos de substâncias distintas: cobre e alumínio, que serão determinados separadamente. A razão de utilizar duas substâncias diferentes é que, ao final do processo, o aluno possa comparar os dois valores do calor específico e compreender o seu significado físico.

Para a realização do referido experimento, são necessários os seguintes materiais: um calorímetro (de preferência construído pelos próprios alunos), dois termômetros analógicos (de preferência de álcool), uma balança digital, dois copos de Becker de 250ml, um corpo maciço de alumínio, um corpo maciço de cobre, um aquecedor elétrico (de preferência resistivo) e uma tela de amianto.

A Figura 7 ilustra os materiais e equipamentos necessários à execução da atividade experimental.

Figura 7– (a) e (b) Calorímetro, (c) Becker de 250ml e termômetro, (d) Balança digital, (e) Aquecedor elétrico e tela de amianto, (f) corpo de cobre e de alumínio.



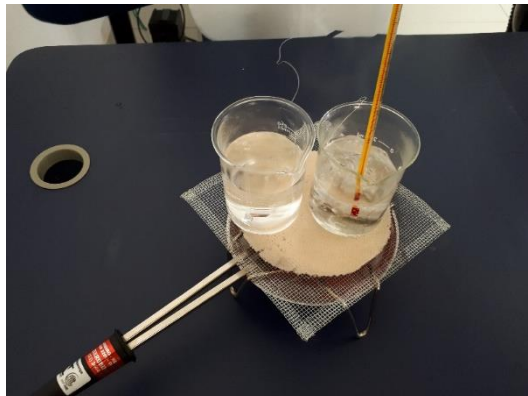
Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho (2017)

Para a realização do experimento, o professor distribuirá os alunos em grupos de, no máximo, quatro (4) componentes, antes da aula no laboratório, para que possa otimizar o tempo de experimento.

No laboratório, cada grupo deverá se dirigir a uma bancada, onde estarão um corpo de alumínio, um corpo de cobre, o calorímetro, o termômetro e o roteiro da experiência.

Em outra bancada, o aquecedor elétrico já deverá estar ligado e aquecendo a água que será utilizada no aquecimento dos corpos metálicos, como mostrado na Figura 8.

Figura 8 – Aquecimento da água

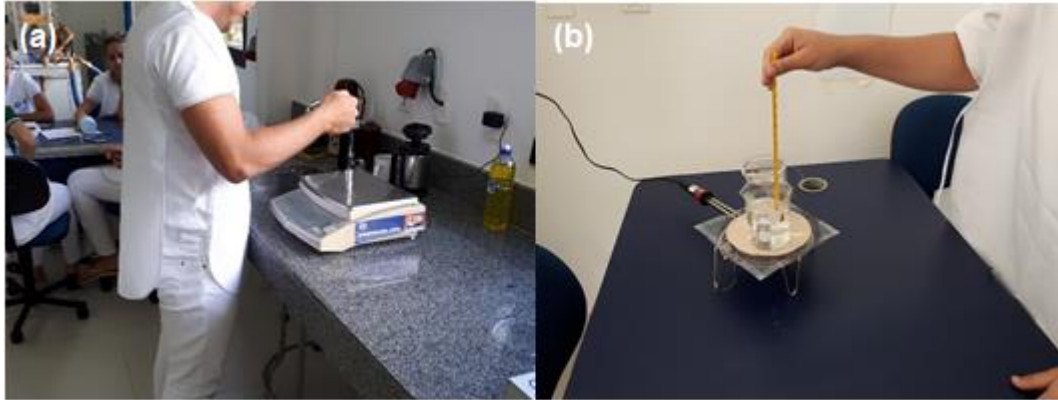


Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho (2017)

O grupo, de posse de um dos corpos metálicos, irá para a bancada, onde estará a balança digital, e realizará a medida da massa desse corpo, o qual será chamado de **corpo 1** e anotará este dado na tabela 1 do item “e” do roteiro relativo a esta experiência. É muito importante que o aluno, antes de fazer a medida da massa, tare a balança e verifique se o corpo não possui resíduos impregnados ao seu corpo que possam alterar a sua massa. Após essa medida, o grupo encherá um Becker com aproximadamente 200ml de água, inserir o corpo 1 e levar ao aquecedor elétrico (fonte térmica), como mostra a Figura 9.

OBS.: o corpo que será inserido na água deverá ser amarrado com uma linha, para que o aluno possa retirá-lo sem o perigo de queimadura.

Figura 9 – (a) Medindo a massa do bloco; (b) aquecendo o conjunto (água + corpo 1)



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho (2017)

Enquanto a água do Becker é aquecida, um dos componentes do grupo deverá zerar a balança com o calorímetro, a fim de medir apenas a massa da água que será inserida nele. Após esse procedimento, o aluno deverá inserir aproximadamente 200g de água retirada da torneira no calorímetro, como mostra a Figura 10, e anotar essa massa ($m_{\text{água}}$).

Figura 10 – Medindo a massa da água



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho (2017)

Estabelecido o equilíbrio térmico da água com o calorímetro, após um determinado intervalo de tempo, o aluno verificará a temperatura do conjunto (água + calorímetro), sendo denominada temperatura inicial da água (T_{0a}), e anotará os valores obtidos da massa e da temperatura na tabela 1 do item “e” do roteiro.

É muito importante que ao medir a temperatura do conjunto, o aluno feche o calorímetro e agite a água suavemente para que esse estabeleça um equilíbrio térmico com a água, evitando troca de calor com o meio externo, garantindo, assim, que as temperaturas da água e do calorímetro se igualem, atingindo o equilíbrio térmico.

Após ter iniciado o processo de ebulição da água, como mostra a Figura 11, o grupo medirá a temperatura do conjunto (Becker + corpo 1), tendo o cuidado de inserir o termômetro sem que ele toque a superfície do Becker, aguardando alguns instantes para se estabelecer o equilíbrio térmico. Estabelecido o equilíbrio, o grupo observará o valor da temperatura encontrada, denominada temperatura inicial do corpo 1 (T_{0c}) e anotará na tabela 1 do roteiro.

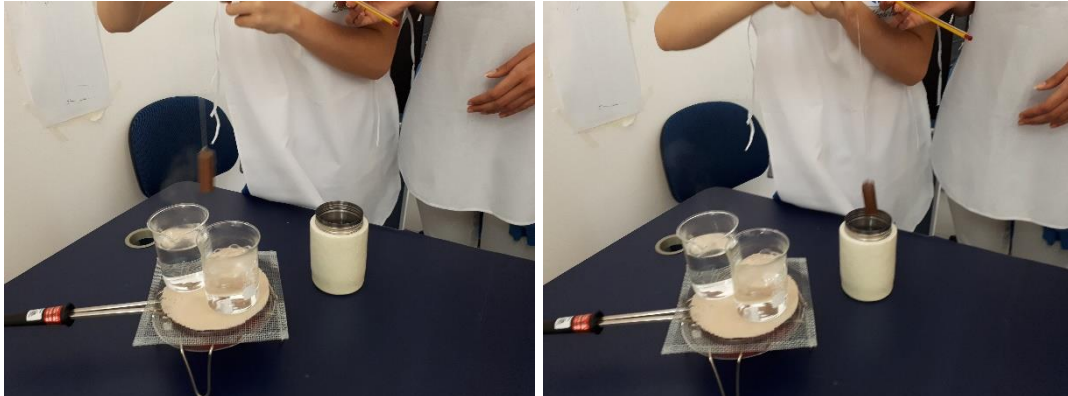
Figura 11 – Iniciado o processo de ebulição, é feita a medida da temperatura da água



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho (2017)

Após o corpo atingir o equilíbrio térmico com a água fervente, o grupo deverá retirar o corpo 1 do Becker e inseri-lo, imediatamente, no calorímetro com a água, como mostra a Figura 12, fechando rapidamente o calorímetro para minimizar a influência do ambiente nas temperaturas do corpo e da água do calorímetro.

Figura 12 – Retirada do corpo metálico da água fervente e inserindo no calorímetro.



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho (2017)

É de suma importância que o deslocamento do corpo 1, retirado do Becker, seja o menor possível, ou melhor, que a inserção seja feita quase de forma instantânea. Portanto, o grupo será orientado a colocar o calorímetro o mais próximo possível do corpo.

Com o corpo 1 inserido no calorímetro, um dos componentes do grupo deverá agitar, bem devagar, o conjunto e verificar a temperatura registrada pelo termômetro até que se estabeleça o equilíbrio térmico, como mostra a Figura 13.

Figura 13 – inserido o corpo metálico no calorímetro, espera-se atingir o equilíbrio térmico.



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho (2017)

É importante esclarecer ao aluno que o equilíbrio térmico se estabelece quando a indicação do termômetro deixa de sofrer variação, registrando por um longo período a mesma temperatura.

Após estabelecer o equilíbrio do corpo 1 com a água do calorímetro e verificar a temperatura de equilíbrio (T_{eq}), o grupo anotará o resultado na tabela 1 do roteiro.

Finalizada a primeira etapa do processo investigativo, o grupo deverá refazer todo o processo descrito anteriormente com o corpo de cobre, denominado **corpo 2**, e fazer as novas anotações na tabela 2 do roteiro.

Ao final do processo experimental, cada grupo trabalhará os dados experimentais, respondendo ao questionário de análise dos resultados que se encontra no roteiro. É importante que o professor informe aos alunos que eles deverão fazer essa análise dos resultados encontrados, de forma quantitativa e qualitativa, bem como averiguar o significado físico das grandezas e das unidades físicas relacionadas.

7. RESULTADOS DA INVESTIGAÇÃO QUE APONTAM PARA NOVAS POSSIBILIDADES NA PRÁTICA DO PROFESSOR QUE BUSCA A AUTONOMIA INTELLECTUAL DO ALUNO

Neste capítulo, apresentaremos uma pequena análise das respostas e resultados encontrados pelos alunos durante o processo investigativo, verificando os acertos e as prováveis causas dos equívocos, a fim de que sejam elaboradas estratégias que possam melhorar o processo de ensino e aprendizagem.

7.1 ANÁLISES E DISCUSSÕES DA ATIVIDADE 1 (ATIVIDADE PRÉVIA)

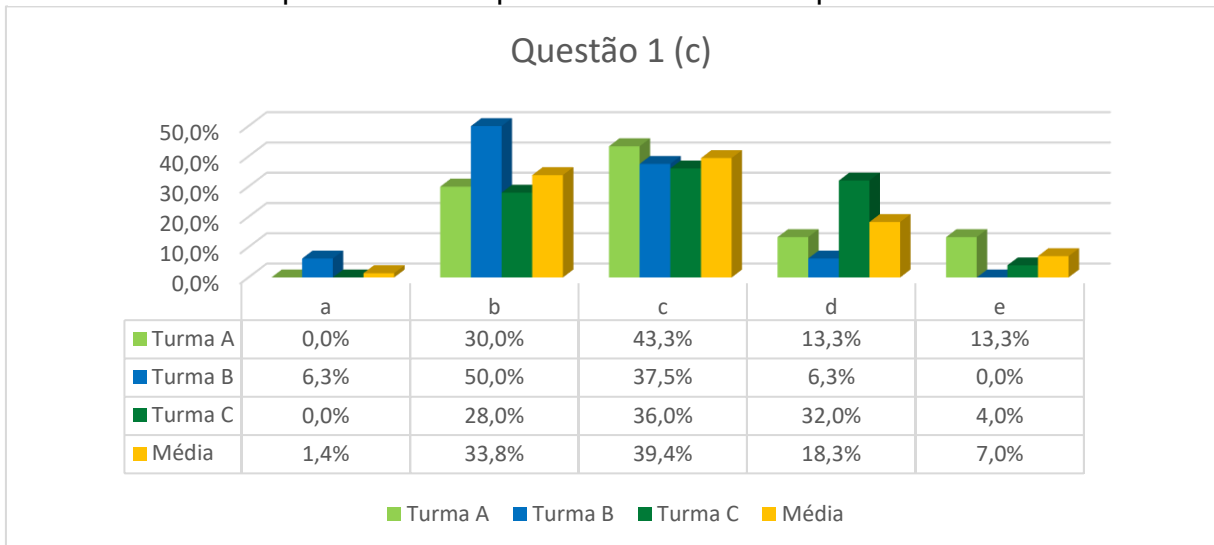
Esta atividade aplicada, em sala de aula, teve como principal objetivo fazer um levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos a respeito do tema “temperatura e calor”. Com os resultados obtidos nesse levantamento, tem-se uma radiografia dos pontos conceituais fortes, fracos e equivocados de cada turma, a fim de montar um programa de ensino diferenciado para cada sala.

Abaixo, segue o questionário aplicado, com suas devidas respostas corretas e uma análise do percentual de respostas fornecidas pelos alunos.

1 – Quando dois corpos de tamanhos diferentes estão em contato e com a mesma temperatura, ambos isolados do meio ambiente, pode-se dizer que:

- a) o corpo maior é o mais quente.
- b) o corpo maior cede calor para o corpo menor.
- c) não há troca de calor entre os corpos.
- d) o corpo menor cede calor para o corpo maior.
- e) o corpo menor é mais quente.

Tabela 1 – Análise percentual da questão 1 da atividade prévia



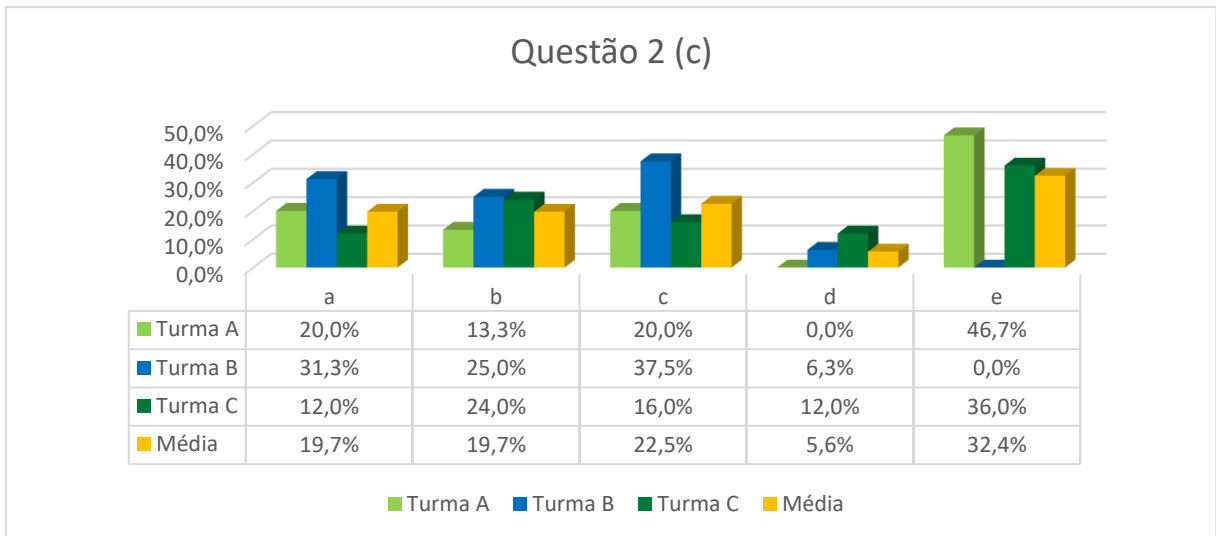
Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho (2017)

Ao analisar o gráfico, percebe-se que, em cada turma, o percentual de acerto foi menor que 44% e maior que 35%. A média de acertos das turmas foi aproximadamente 39,4%, sendo que a Turma A obteve o maior percentual de acertos(43,3%) e a Turma C atingiu o menor percentual, obtendo 36% de acertos.

2 – Dois objetos de mesmo material, porém de massas diferentes, ficam durante muito tempo em um forno. Ao serem retirados do forno, são imediatamente colocados em contato, um com o outro, dentro de um calorímetro. Nessa situação,

- a) passa calor do objeto de maior massa para o de menor massa.
- b) passa calor do objeto de menor massa para o de maior massa.
- c) nenhum dos objetos passa calor ao outro.
- d) o corpo de maior massa terá uma temperatura maior.
- e) o corpo de menor massa terá uma temperatura maior.

Tabela 2 – Análise percentual da questão 2 da atividade prévia



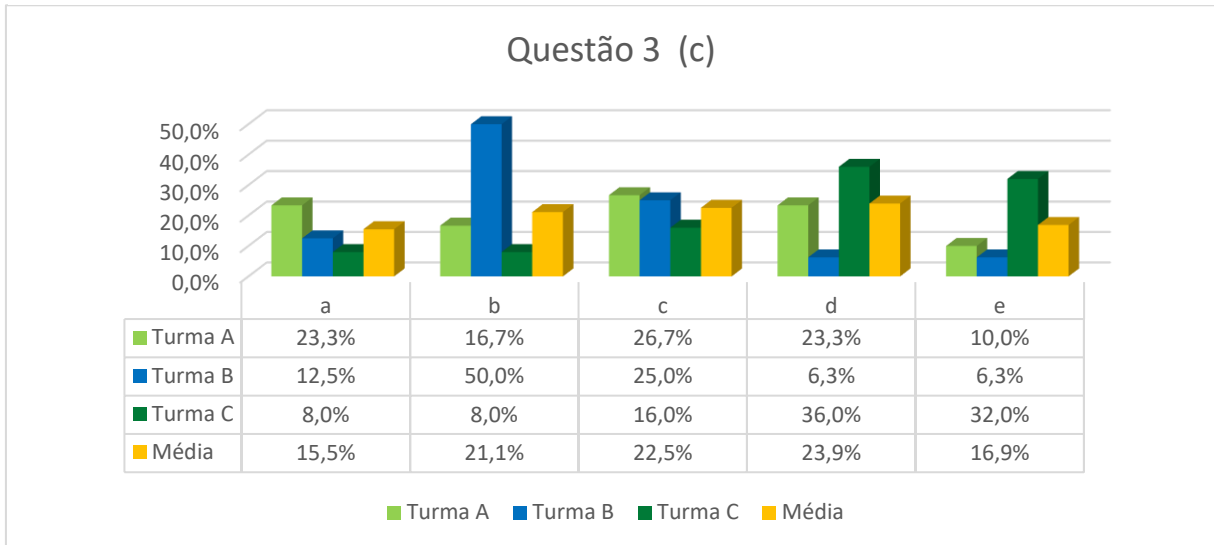
Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho (2017)

A média de acertos das turmas, na questão 2, foi 22,5%, sendo a Turma B a que teve o melhor rendimento, com 37,5%. Já a turma que teve o menor percentual de acertos foi a Turma C, com 16%.

3 – Os mesmos objetos da questão anterior são agora deixados por muito tempo em uma mesma geladeira. Nessa situação, ao serem retirados e, imediatamente, colocados em contato, um com o outro,

- a) nenhum dos objetos possui energia térmica.
- b) o calor do objeto de maior massa passa para o de menor massa.
- c) nenhum dos objetos passa calor ao outro.
- d) o calor do objeto de menor massa passa para o de maior massa.
- e) o corpo de maior massa terá maior calor que o de menor massa.

Tabela 3 – Análise percentual da questão 3 da atividade prévia



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho (2017)

Verifica-se, no gráfico, que a média de acertos dos alunos das turmas analisadas foi 22,5%. A Turma A ultrapassou essa média, tendo um percentual de acertos de 26,7%. Já a Turma C foi muito abaixo da média, obtendo um percentual de acertos de 16%.

4 – Um bom cobertor é aquele que:

a) impede que o frio passe por ele.

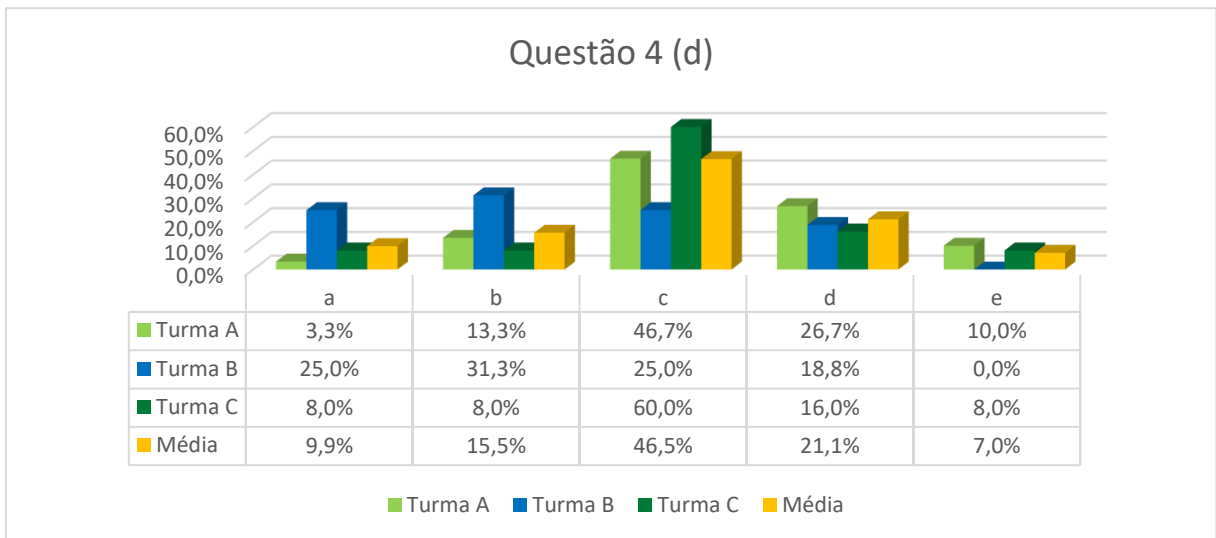
b) aquece o corpo humano.

c) evita que o corpo humano perca temperatura para o ambiente.

d) dificulta a condução do calor liberado pelo corpo humano para o ambiente.

e) impede a condução do frio do ambiente para o corpo humano.

Tabela 4 – Análise percentual da questão 4 da atividade prévia



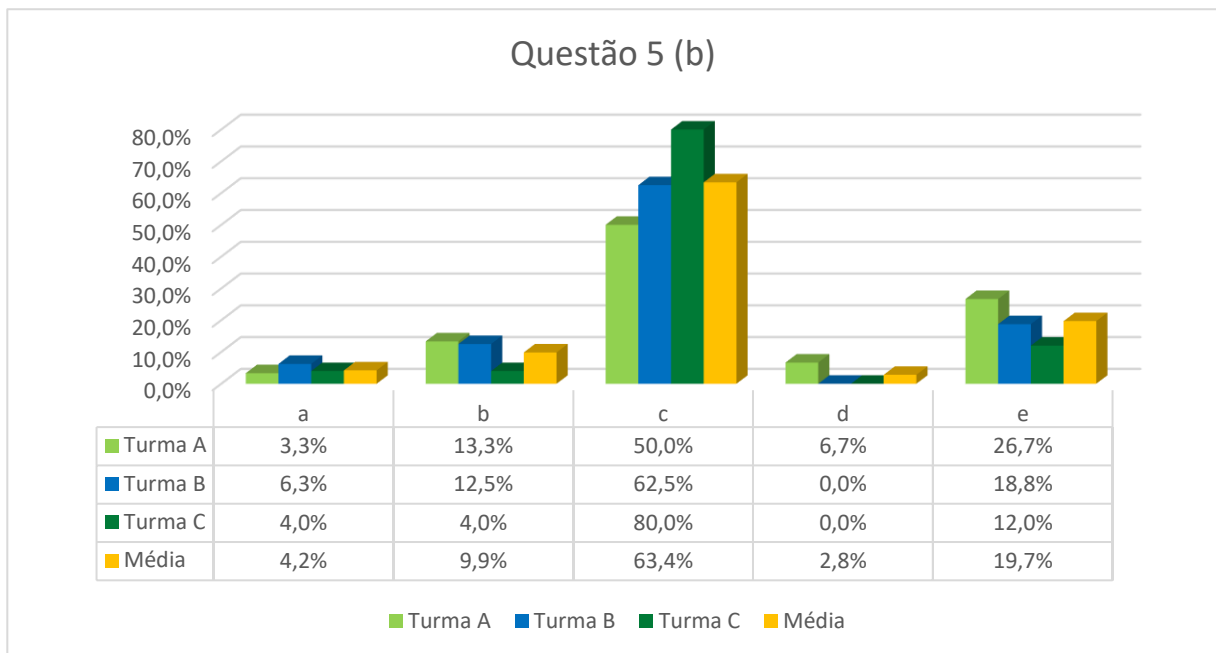
Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho (2017)

As turmas obtiveram a média de 21,1% de acertos. A Turma A teve 26,7% de acertos, tendo um melhor desempenho entre as turmas. A Turma C ficou muito distante da média, com apenas 16% de acertos.

5 – Um estudante descalço, em uma sala ladrilhada (cerâmica), coloca seu pé esquerdo diretamente sobre a cerâmica e seu pé direito sobre um tapete alí existente. É correto afirmar que:

- a) a temperatura do tapete é menor do que a da cerâmica.
- b) o tapete e a cerâmica estão a uma mesma temperatura.**
- c) a temperatura da cerâmica é menor do que a do tapete.
- d) a cerâmica possui mais calor que o tapete.
- e) o tapete é mais quente que a cerâmica porque tem mais calor.

Tabela 5 – Análise percentual da questão 5 da atividade prévia



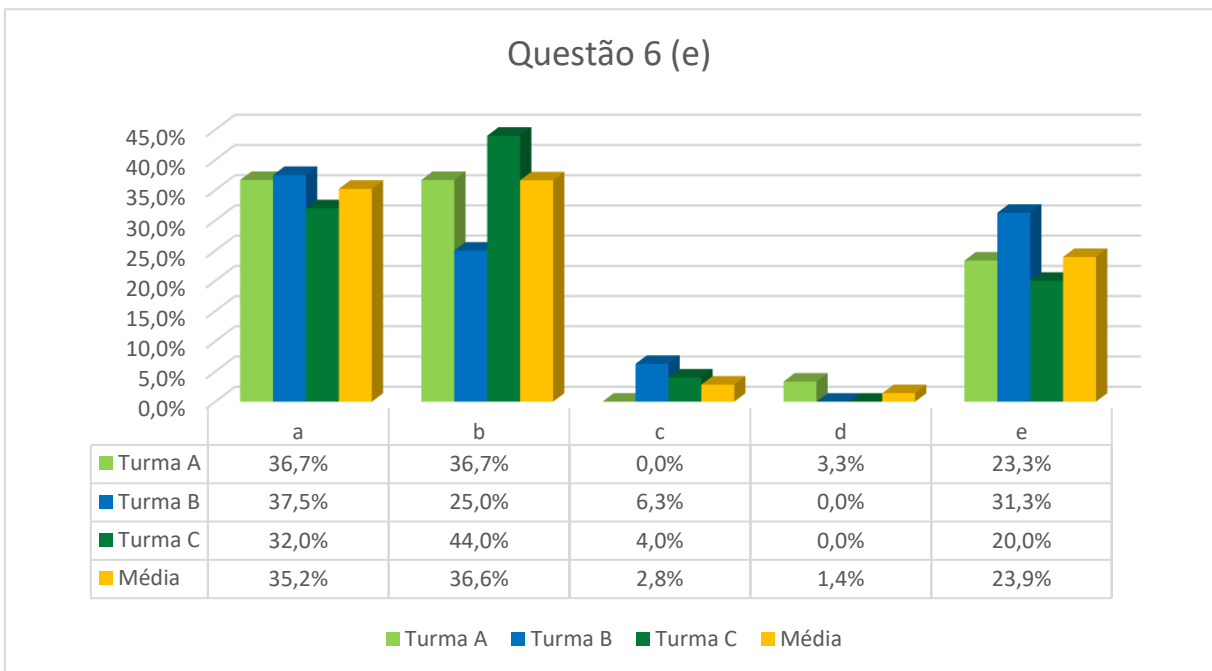
Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho (2017)

A média de acertos foi aproximadamente 9,9%. A turma A teve um melhor rendimento, com 13,3%, e a Turma C não se aproximou da média, ficando com 4,0% de acertos.

6 – Para se admitir a existência do calor:

- a) basta um único corpo.
- b) são necessários, pelo menos, dois corpos.
- c) basta um único corpo, mas ele deve estar “quente”.
- d) basta um único corpo, mas ele deve estar “frio”.
- e) são necessários, pelo menos, dois corpos: um “quente” e outro “frio”.

Tabela 6 – Análise percentual da questão 6 da atividade prévia



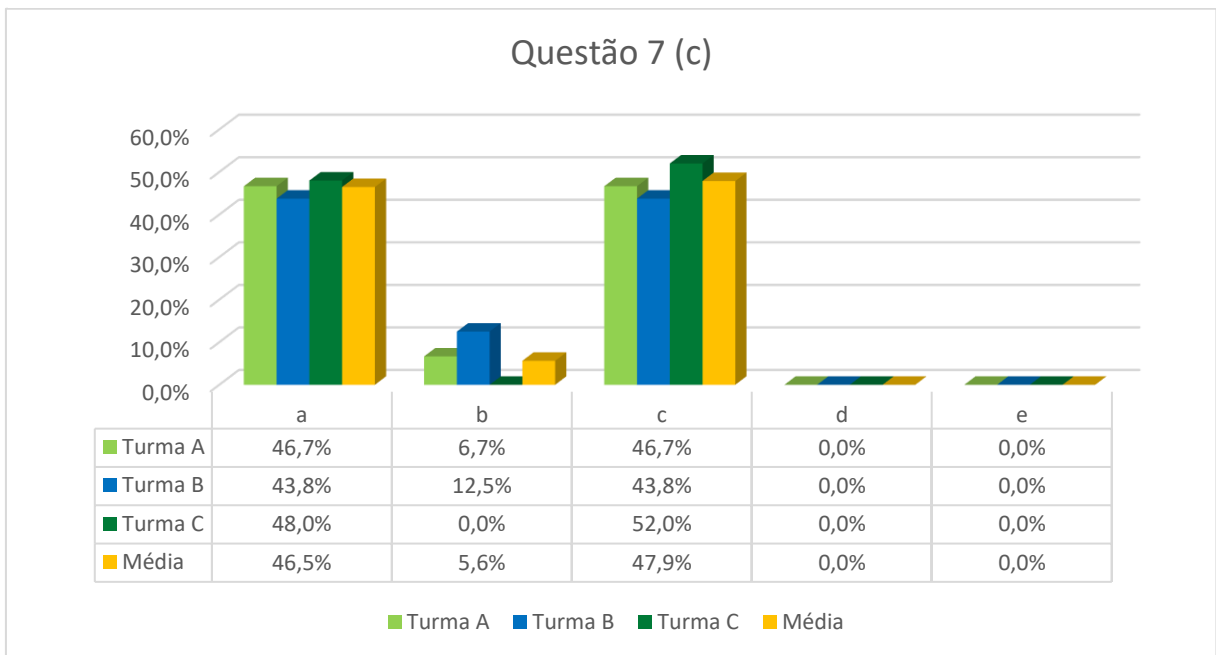
Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho (2017)

Observa-se, no gráfico, que a média de acertos das turmas na questão 6 foi aproximadamente 23,9%. A Turma A se aproximou dessa média, porém ainda ficou abaixo, pois a média de acertos foi 23,3%. A Turma B teve o menor percentual de acertos, obtendo 20%.

7 – Podemos associar o calor:

- a) a qualquer corpo, pois todo corpo possui calor.
- b) apenas àqueles corpos que se encontram “quentes”.
- c) a situações nas quais há, necessariamente, transferência de energia térmica.
- d) apenas àqueles corpos que se encontram “frios”.
- e) a corpos que possuem temperaturas acima de 40°C.

Tabela 7 – Análise percentual da questão 7 da atividade prévia



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho (2017)

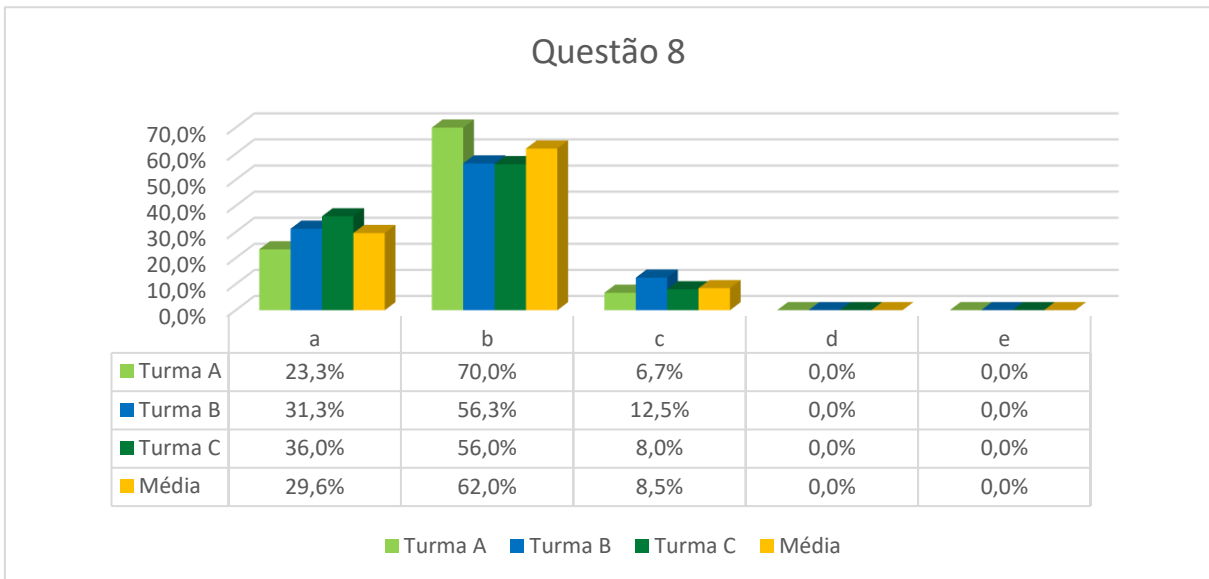
Percebe-se que a média de acertos das turmas foi de 47,9%. A Turma C, teve o melhor índice de acertos que foi de 52,0%. A Turma B teve o menor percentual de acertos, atingindo 43,8%.

8 – A Termodinâmica está muito presente na vida do ser humano desde a pré-história até os dias atuais. Qual a importância científica e pessoal dos conceitos de temperatura e calor para você?

- a) Muito importante.
- b) Importante.
- c) Pouco importante.
- d) Sem importância.

Justifique sua resposta:

Tabela 8 – Análise percentual da questão 8 da atividade prévia



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho (2017)

A questão avalia o nível de importância científica e pessoal dos conceitos de temperatura e calor para os alunos. Entre as turmas, 62,0% consideram importante, 29,6% responderam que é muito importante e 8,5% consideram pouco importante.

Fazendo-se uma análise do pré-teste, observa-se, então, que existem lacunas conceituais no tocante ao calor, à temperatura, ao equilíbrio térmico, à transmissividade, ao condutor e ao isolante térmicos, dentre outros, que devem ser trabalhados ao longo do curso, visto que o aluno traz consigo ainda muito do senso comum.

7.2 ANÁLISES E DISCUSSÕES DA ATIVIDADE 2 (SENSAÇÃO TÉRMICA)

Sensação térmica indica a temperatura aparente sentida pela pele e depende de diversos fatores físicos, tais como: temperatura do ar, sistema termodinâmico, velocidade do vento, capacidade do sistema de absorver ou liberar calor de forma mais intensa ou menos intensa. Esses fatores físicos, ao se combinarem, produzem sensações térmicas diferentes, dependendo da maior ou menor intensidade de interação entre eles e sua pele.

Dessa forma, subentende-se que uma análise da temperatura pelo tato, torna-se confusa, dada a imprecisão desses fatores. Portanto, o objetivo desta experiência

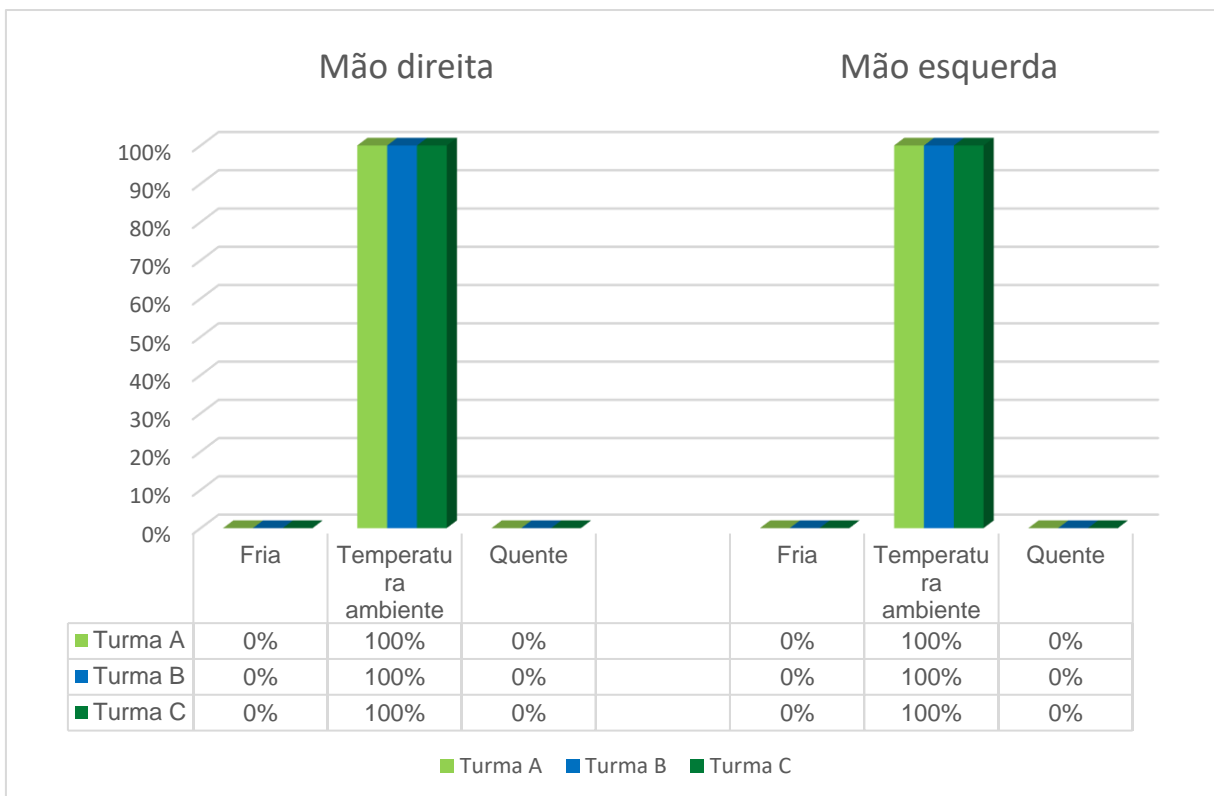
é de que os alunos possam perceber que o tato é uma forma não precisa e muito subjetiva de mensurar a temperatura real de um corpo e que se faz necessário o uso do instrumento mais correto para a medida, o termômetro.

Abaixo, seguem os resultados das conclusões dos alunos em forma de gráfico, após o processo experimental realizado no laboratório. Ao final, apresentamos nossas contribuições a respeito desses resultados.

Segundo procedimento: Após adicionar as águas em seus respectivos recipientes, insira as duas mãos, simultaneamente, no recipiente central por aproximadamente 1 minuto.

1 - Ao colocar as duas mãos no recipiente do meio, que sensação térmica você sentiu em cada mão?

Tabela 9 – Análise percentual da questão 1 da atividade de sensação térmica



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho (2017)

Ao imergir as duas mãos no mesmo momento e ao mesmo líquido, da cuba central, os alunos relataram em sua totalidade, que a água estava com a mesma temperatura ambiente, tanto para a mão direita, quanto para a esquerda.

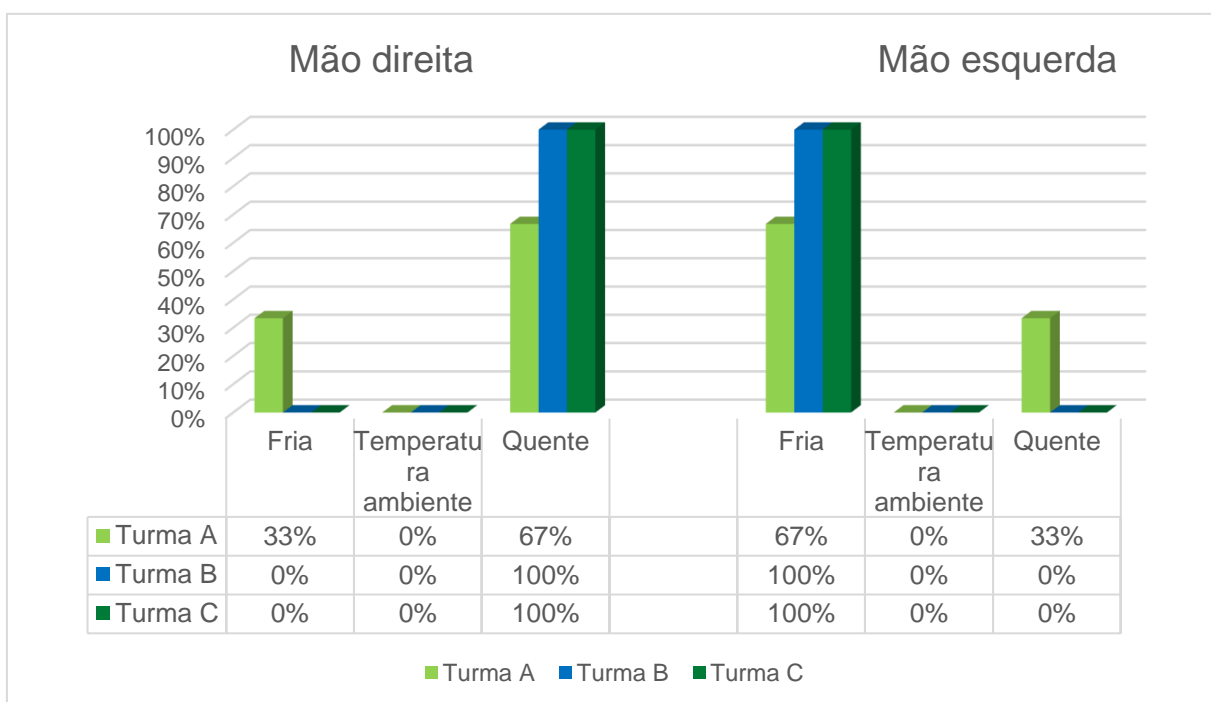
Terceiro procedimento: Retire as suas mãos do recipiente central e as coloque, simultaneamente, uma no recipiente da direita e a outra no recipiente da esquerda. Aguarde por aproximadamente 1 minuto.

2 - Ao mergulhar as mãos em cada recipiente, que sensação térmica você sentiu? Descreva abaixo:

a) Sensação percebida com a mão direita.

b) Sensação percebida com a mão esquerda.

Tabela 10 – Análise percentual da questão 2 da atividade de sensação térmica



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho (2017)

Após retirar as mãos do recipiente central e imergi-las de imediato nos outros dois recipientes ao lado, verifica-se que 67% da turma A, ao mergulhar a mão direita no recipiente com água aquecida, tiveram a sensação de que a água estava quente e 67%, desta turma, ao mergulhar a mão esquerda na água com gelo, tiveram a sensação térmica que estava fria em relação à água do recipiente central. No entanto, 100% das turmas B e C, ao mergulhar a mão direita no recipiente com água aquecida, tiveram a sensação de que a água estava quente e, ao mergulhar a mão esquerda na água com gelo, tiveram a sensação térmica de que a água estava fria em relação à água do recipiente central.

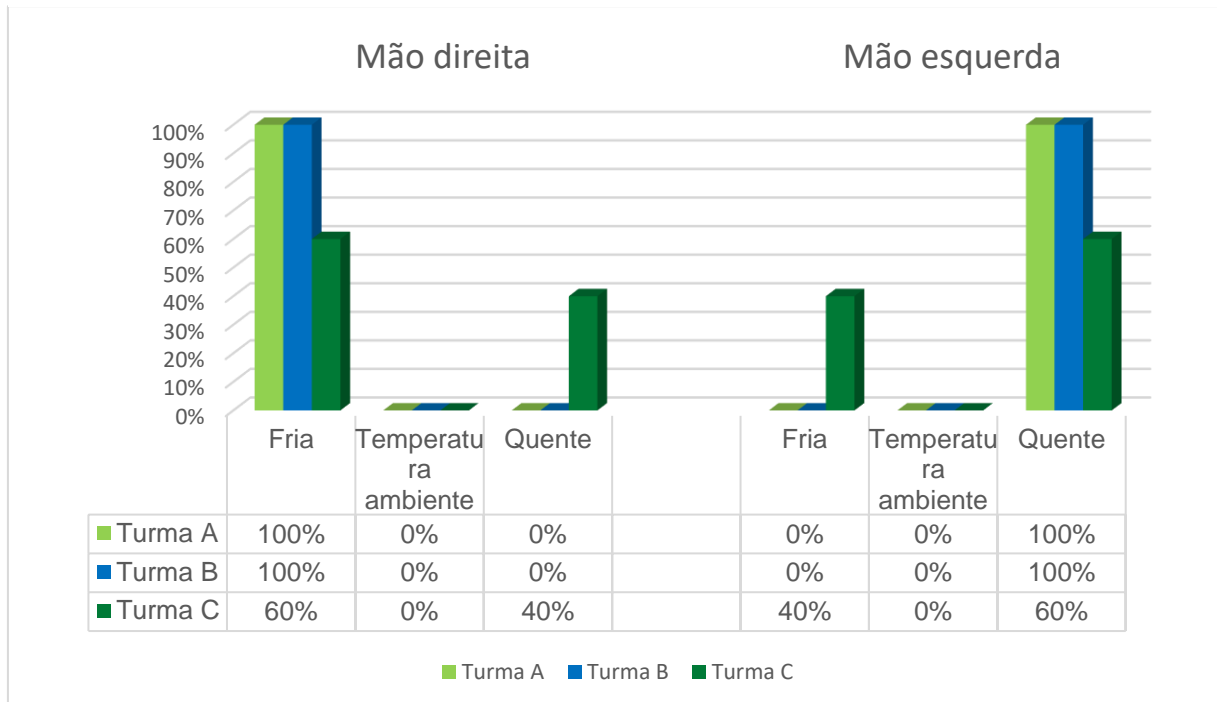
Quarto procedimento: Deposite as duas mãos ao mesmo tempo no recipiente central.

3 - Agora descreva abaixo que sensação você está sentindo:

a) Com a mão direita.

b) Com a mão esquerda.

Tabela 11 – Análise percentual da questão 3 da atividade de sensação térmica



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho (2017)

Ao retirar as mãos dos recipientes laterais e inseri-las no recipiente central, os alunos perceberam que agora a sensação térmica de um mesmo líquido, na mesma condição, era diferente da mão direita para a esquerda. Verificou-se que as Turmas A e B, em sua totalidade (100%), apresentaram mudanças de sensações térmicas, tanto para a mão direita, que ficou mais fria, quanto para a mão esquerda, que ficou mais quente. No entanto, na turma C, 60% afirmaram ter ocorrido mudança na sensação térmica tanto para a mão direita, que ficou mais fria, quanto para a mão esquerda, que ficou mais quente. Com isso, observamos um conflito de sensações para um mesmo líquido, o que levou os alunos a questionarem se o tato, realmente, expressa o efetivo estado térmico do líquido (conflito cognitivo).

Assim, os alunos devem responder aos seguintes questionamentos frente ao conflito de sensações:

4 - Compare as sensações térmicas obtidas, quando inseridas as mãos no recipiente central, no segundo procedimento, com os resultados obtidos no quarto procedimento.

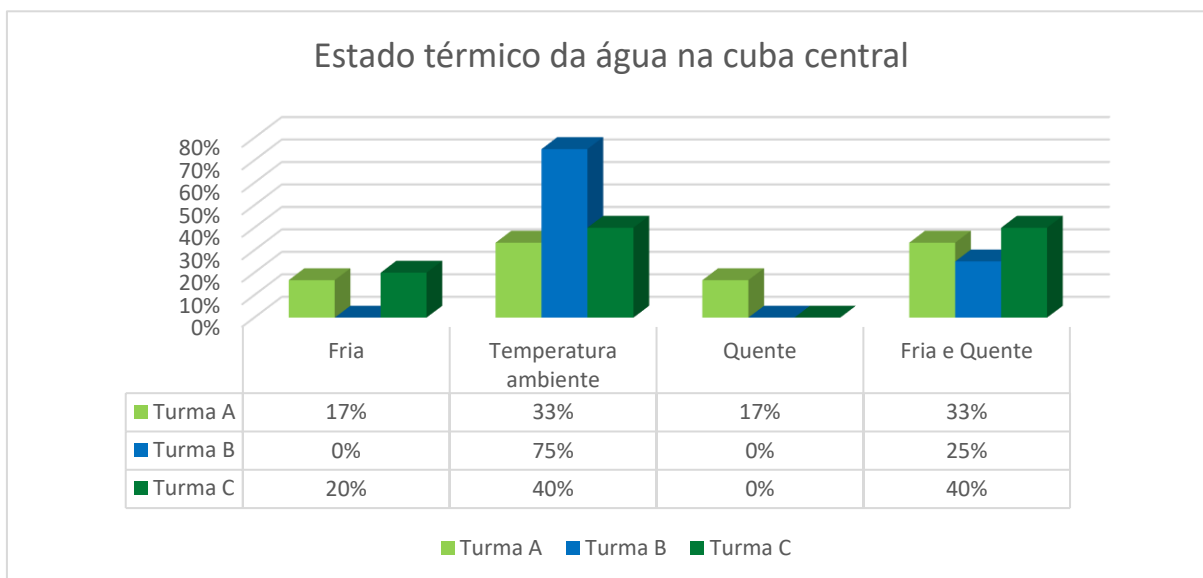
A maioria dos alunos afirmaram que verificaram as três sensações térmicas, ao colocar as mãos na cuba central. Primeiramente, perceberam com as duas mãos que a água da cuba central se encontrava à temperatura ambiente. No decorrer da experiência, com a mão direita adaptada à água quente (na cuba da direita) e com a mão esquerda adaptada à água fria (na cuba da esquerda), tiveram sensações diferentes, ou seja, a mão que estava acostumada com a água quente tinha a impressão de que a água da cuba central estava fria, enquanto que a mão acostumada com a água fria tinha a sensação que a água da cuba central estava quente.

Ao comparar as sensações térmicas, chegaram a um conflito cognitivo, e, através de discussões no grupo, chegaram à conclusão de que a sensação térmica que tiveram da água da cuba central dependeu das condições em que as mãos se encontravam antes da verificação.

Verifica-se, nas respostas, que 40% dos alunos da turma C não opinaram. Acredita-se que, devido ao conflito ao qual chegaram, não tiveram discernimento para responder.

5 - A água do recipiente central está quente, fria ou à temperatura ambiente? Justifique.

Tabela 12 – Análise percentual da questão 5 da atividade de sensação térmica



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho (2017)

Os resultados analisados mostram que, para as turmas A e C, a água da cuba central estava quente e fria ao mesmo tempo. Porém, para a maioria dos alunos da Turma B, a água está à temperatura ambiente.

A Justificativa da Turma B levou em consideração o estado térmico inicial em que as mãos se encontravam em relação ao sistema como todo (laboratório), visto que o nosso corpo toma como referencial o meio ambiente no qual ele está inserido. Portanto, o estado térmico da água em relação a esse ambiente é de equilíbrio térmico, logo, a temperatura da água é a temperatura ambiente.

Para as Turmas A e C, foram adotados os referenciais do último procedimento, em que esses eram totalmente opostos (quente e frio). Portanto, o resultado final foram respostas antagônicas, demonstrando bem o conflito cognitivo a que esses alunos foram submetidos. Assim, eles não souberam decidir qual a situação térmica real da água da cuba central.

Contudo, conclui-se que todos os grupos verificaram que, com o tato, não se estima a situação térmica real da água, uma vez que não se tem uma precisão. Para se fazer essa avaliação, é necessário um instrumento de medida que possa, realmente, aferir o estado térmico das substâncias, o Termômetro.

7.3 ANÁLISES E DISCUSSÕES DA ATIVIDADE 3 (DETERMINAÇÃO DO CALOR ESPECÍFICO SENSÍVEL “c”)

Calor sensível é aquele que provoca apenas uma variação de temperatura dos corpos, diferenciando-se do calor latente, que muda a estrutura física dos mesmos. O calor específico determina a quantidade de calor que uma unidade de massa precisa perder ou ganhar, para que aconteça uma redução ou elevação, de uma unidade de temperatura sem, contudo, alterar sua estrutura. Assim, se o corpo é sólido, continua sólido, se é líquido, continua líquido e, se é gasoso, continua gasoso.

Nessa experiência, o aluno (pesquisador) é levado a analisar os fatores físicos envolvidos nas trocas de energias térmicas entre corpos de temperaturas diferentes, estimulando o interesse pelo entendimento dos fenômenos físicos que fazem parte desse processo. Para uma análise dos resultados, relacionaram-se as respostas dos grupos em blocos e a, partir desses blocos de respostas, montaram-se os diagramas para melhor fazer uma análise das compreensões qualitativas e quantitativas dos

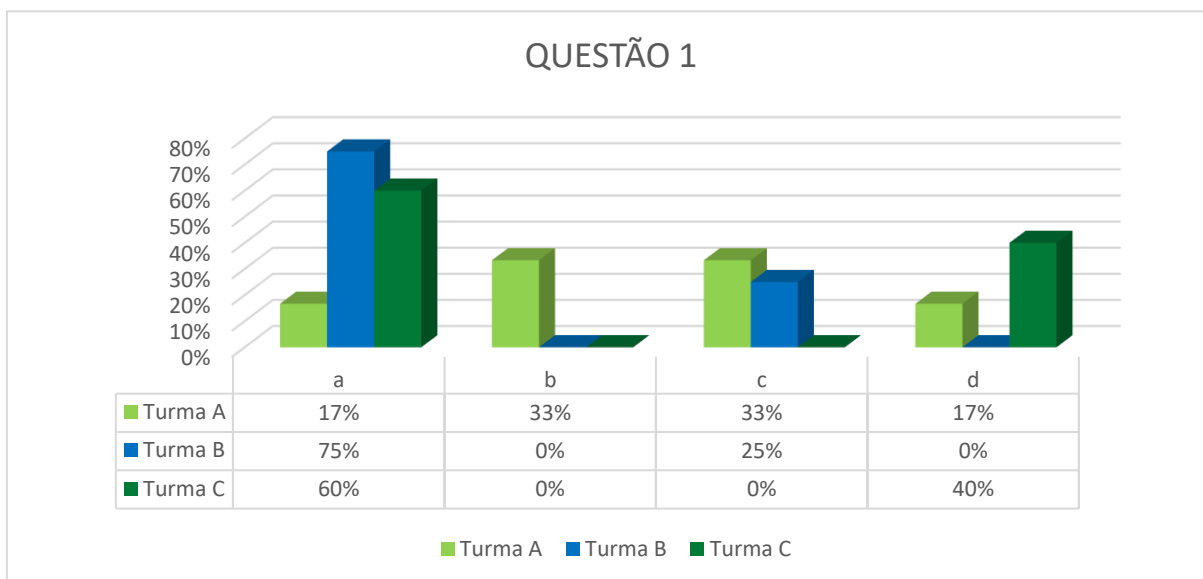
fenômenos envolvidos, como pode ser visto a seguir.

1 - O que aconteceu com a temperatura dos metais e da água, em cada caso, quando o corpo de alumínio ou de cobre foi retirado da água fervente e adicionado ao calorímetro contendo água?

As respostas dos grupos associadas a quatro itens:

- Entraram em equilíbrio térmico
- A temperatura da água aumentou e a do metal diminuiu até atingir o equilíbrio térmico.
- A temperatura da água aumentou e a do metal diminuiu.
- O metal transmitiu calor para a água e eles entraram em equilíbrio térmico.

Tabela 13 – Análise percentual da questão 1 da atividade de calor sensível



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho (2017)

Em sua totalidade, os grupos responderam que os corpos atingiram o equilíbrio térmico, visto que ao serem colocados em contato, verificou-se que a temperatura do metal começou a diminuir, enquanto a da água, em sentido oposto, aumentava. Essa transferência de “temperatura” se deu até que os corpos iguallassem suas temperaturas, fato este que se verificou através do termômetro imerso no calorímetro, no qual foram inseridos o metal e a água.

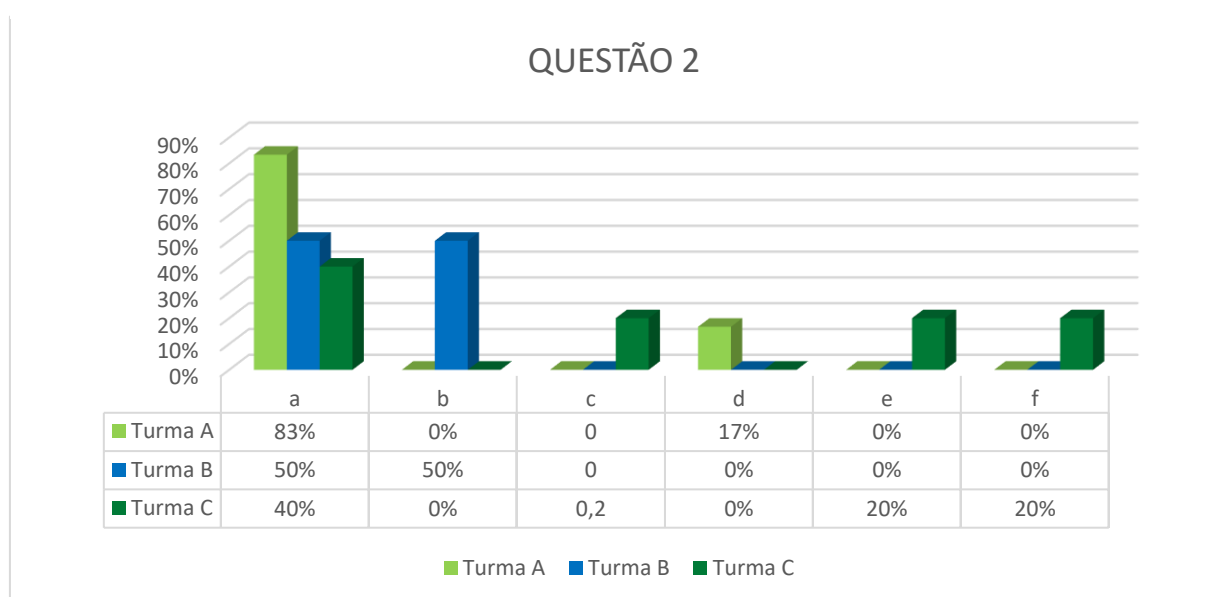
Nesta questão, verificou-se que o objetivo foi alcançado, pois os alunos perceberam, na prática, que as temperaturas iniciais dos corpos eram diferentes, e que, ao entrarem em contato, um com o outro, decorrido algum tempo, as temperaturas deles se igualavam. Esse estado de temperaturas iguais chama-se de equilíbrio térmico.

2 - No processo de equilíbrio da temperatura, ocorreu transferência de algo durante a interação do alumínio com a água e do cobre com a água? Se ocorreu, o que foi transferido? Essa transferência se deu dos metais para a água ou da água para os metais? Justifique.

Para facilitar a análise das respostas, agrupamo-nas em cinco itens, como citados abaixo:

- Sim. A energia do metal, que possui maior temperatura, foi transferida para a água de menor temperatura nesse experimento.
- Ocorreu a transferência de energia do metal, que tem maior calor, para a água, que tem menor calor.
- Sim. O calor foi transferido dos metais para a água porque eles estavam mais quentes que a água.
- Houve transferência de temperatura para a água.
- Sim. Houve a transferência de energia dos metais para a água.

Tabela 14 – Análise percentual da questão 2 da atividade de calor sensível



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho (2017)

A maior parte dos alunos entendeu que, durante o processo de se estabelecer o equilíbrio térmico, ocorreu transferência de energia do corpo de maior temperatura para o de menor temperatura, logo, o corpo que cedeu energia diminuiu a temperatura e o corpo que recebeu essa energia aumentou sua temperatura. Contudo, verifica-se que em suas justificativas, ainda têm alunos que continuam com o conflito entre temperatura e calor. Isso é confirmado na afirmativa “b”: “A energia é transferida do corpo que possui maior calor para o de menor calor”.

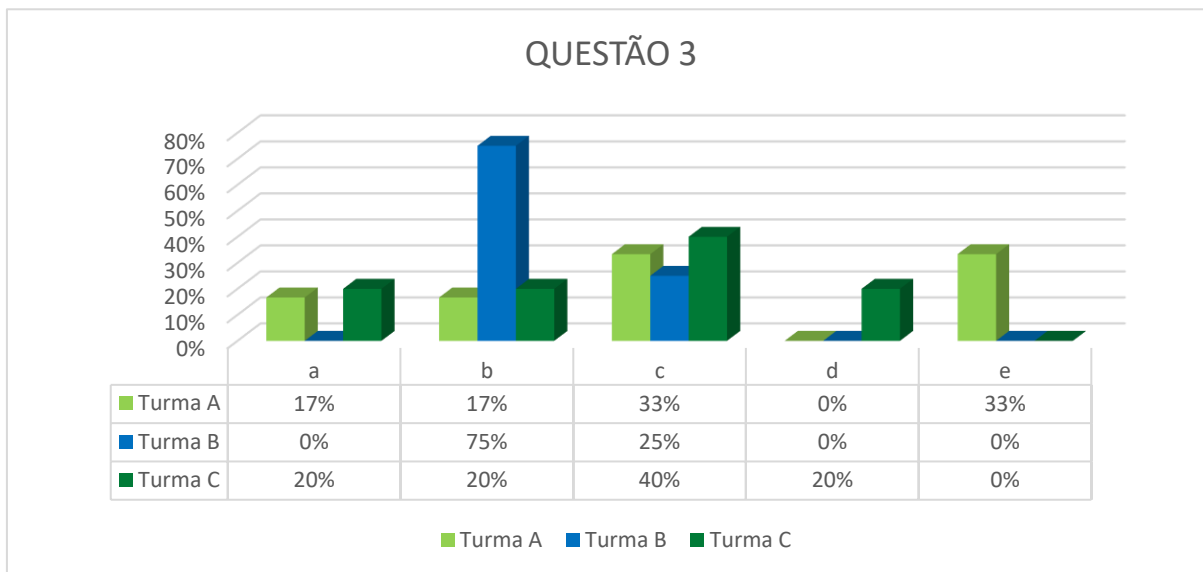
De modo geral, verificou-se que a maioria dos alunos entenderam que a temperatura do corpo está associada à energia interna, e que o calor está associado à transferência dessa energia, motivada pela diferença de temperatura entre os corpos que se interagem.

3 - Um calorímetro ideal é aquele que não permite a interação do meio externo com o sistema em estudo. Considerando que o calorímetro seja o ideal, pode-se afirmar que, durante o processo de equilíbrio da temperatura do nosso sistema, ocorreu conservação da energia? Justifique.

Assim como nas questões anteriores, as respostas foram organizadas em cinco itens, citadas abaixo:

- a) Considerando que o calorímetro seja ideal, irá conservar a energia, pois manterá a temperatura.
- b) Sim, porque foi feito com um sistema isolado do ambiente externo, não tendo interação entre eles.
- c) Sim, pois apesar de ter tido troca de energia entre os corpos, a energia total permaneceu constante dentro do calorímetro.
- d) Sim. O calorímetro dentro vai ser mantido.
- e) Não respondeu

Tabela 15 – Análise percentual da questão 3 da atividade de calor sensível



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho (2017)

Ao analisar as respostas e as justificativas dos grupos, percebeu-se que, em sua grande maioria, os alunos afirmaram nos itens “b” e “c” que, como não existia interação com o meio externo, a energia total interna se conservava, visto que não ocorria dissipação para o meio externo. Daí, toda a energia cedida pelo corpo metálico era absorvida pela água, ou seja, $|Q_{cedido}| = |Q_{absorvido}|$, se for considerado que o calorímetro é ideal.

Contudo, ainda se verificou que, aproximadamente, um terço dos alunos não se apropriou dos conceitos de equilíbrio térmico, temperatura, calor e energia. Logo, não responderam ou não deram respostas significativas, como se percebe nos itens “a”, “d” e “e”.

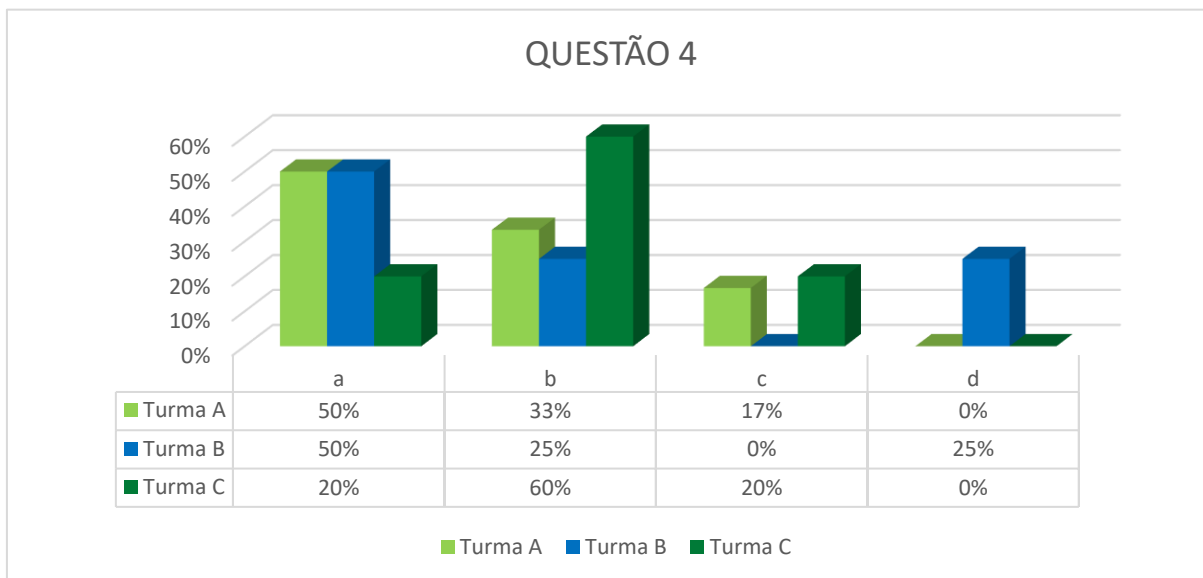
4 - Com base nos dados da tabela 1, calcule a quantidade de calor absorvida pela água.

Ao analisar os resultados das investigações dos grupos, as respostas foram organizadas em quatro itens. São eles:

- a) Valor da quantidade de calor absorvido correto, porém com ausência de unidade da grandeza física.
- b) Valor da quantidade de calor absorvido e unidade da grandeza física corretos.
- c) Procedimento de cálculo correto com erros matemáticos (erro na multiplicação).

d) Valor da quantidade de calor absorvido correto, porém com unidade da grandeza física errada.

Tabela 16 – Análise percentual da questão 4 da atividade de calor sensível



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho (2017)

Verificando o gráfico acima, percebeu-se que a maioria dos alunos determinou corretamente o valor da quantidade de calor absorvido pela água. Porém, no aspecto dimensional, os alunos têm grande dificuldade com a questão da unidade física da grandeza. Verificou-se ainda que a turma C conseguiu obter 60% de respostas totalmente correta e 20%, errando apenas a unidade física. Já as turmas A e B tiveram 50%, acertando o cálculo, errando apenas a unidade física; 33% da turma A e 25% da turma B acertaram os cálculos e as unidades físicas.

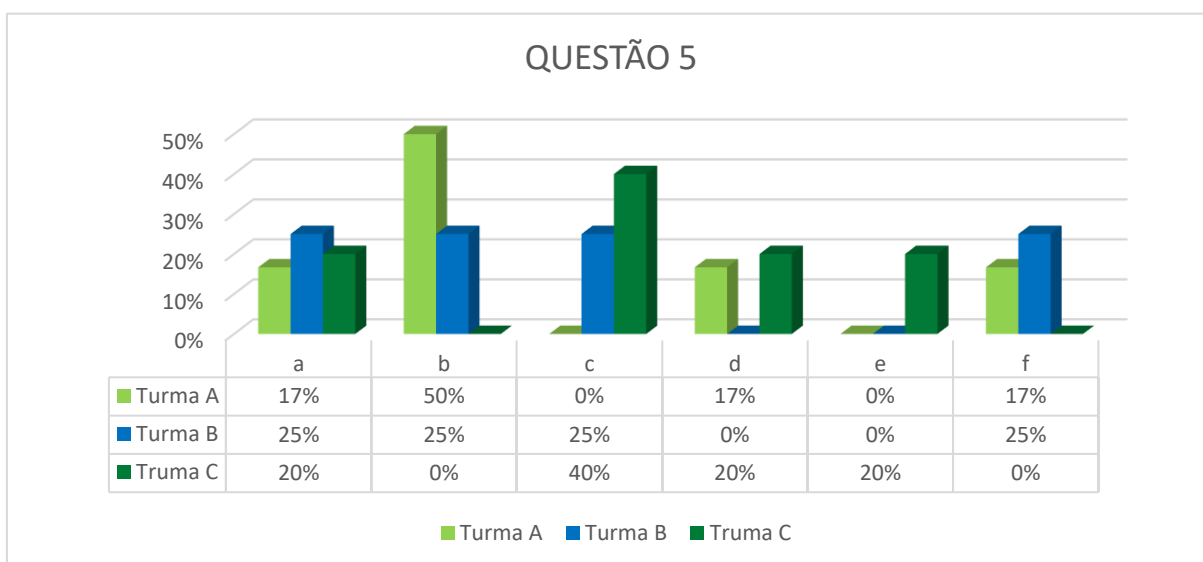
5 - Considerando que o sistema em estudo é conservativo, ou seja, que toda energia liberada pelo corpo 1 seja absorvida pela água, determine: o calor específico sensível do corpo 1.

Após análise dos resultados das investigações dos grupos, as respostas foram organizadas em seis itens. São eles:

- a) O valor do calor específico está correto, porém com ausência de unidade física.
- b) O valor do calor específico e sua unidade física estão corretos.
- c) O procedimento de cálculo está correto, mas com erros matemáticos (erro na multiplicação)

- d) Os cálculos estão errados e com substituições equivocadas.
- e) O procedimento de cálculo está correto, porém com erro na determinação da variação de temperatura.
- f) Não respondeu.

Tabela 17 – Análise percentual da questão 5 da atividade de calor sensível



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho (2017)

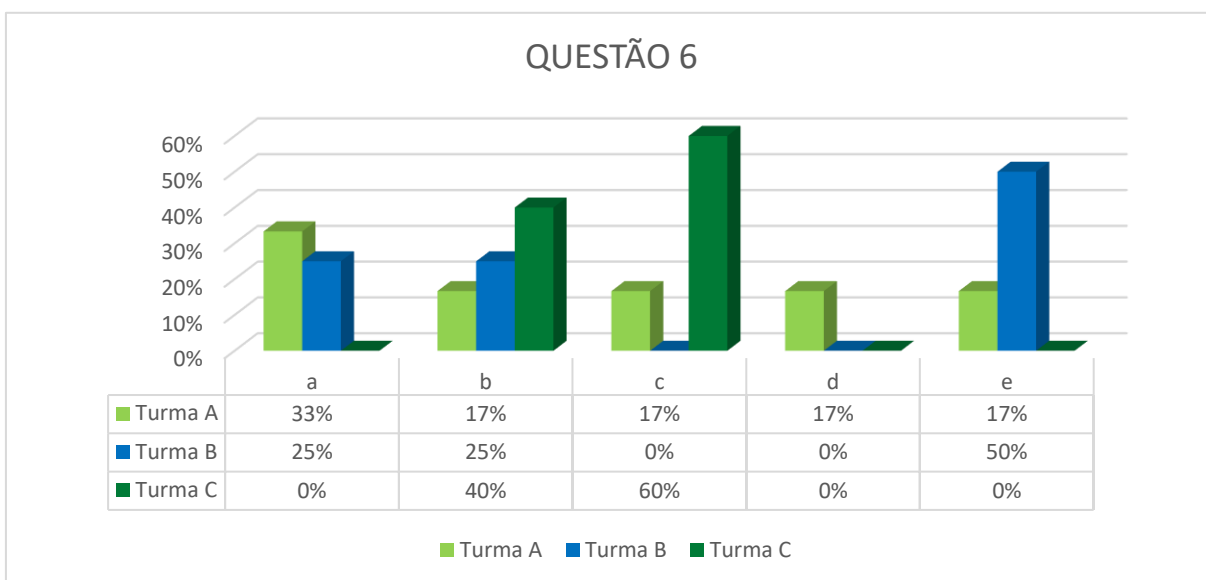
Como se percebe, a ausência ou a unidade física errada continua sendo uma constante nas respostas dos alunos, porém eles têm a competência e habilidade para determinar, de forma correta, os valores matemáticos. Verifica-se, no gráfico acima, que 20% dos alunos determinaram o valor do calor específico corretamente, no entanto, com ausência da unidade física correta. Já 50% da turma A e 25% da turma B acertaram totalmente a questão. Na turma C, 40% dos alunos apresentaram problemas nas operações básicas de matemática, principalmente na multiplicação.

6 - De acordo com a literatura, em condições normais de pressão (1atm) e temperatura de 25°C, o calor específico do alumínio é $c_{Al} = 0,22 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$ e do cobre, $c_{Cu} = 0,09 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$. Agora, compare os valores obtidos em suas experiências. Foram iguais ou diferentes? Se diferentes, quais os fatores físicos que podem ter influenciado para que tais diferenças ocorressem?

Como nas questões anteriores, as respostas foram organizadas relacionadas em cinco itens para melhor fazer uma análise. São eles:

- a) Os valores foram próximos. Podem ter sido influenciados por aproximações nas medições, além do valor de tabela ser uma média de valores obtidos na natureza.
- b) Os valores foram próximos. Um dos fatores que pode ter influenciado foi a temperatura da sala que estava baixa e o calorímetro que talvez não fosse tão eficaz.
- c) Os valores encontrados foram diferentes (substituições equivocadas)
- d) Foram diferentes. Um dos fatores que pode ter influenciado foi a temperatura da sala.
- e) Não respondeu.

Tabela 18 –Análise percentual da questão 6 da atividade de calor sensível



Fonte: Elaborado pelo autor deste trabalho (2017)

Fazendo uma análise das turmas A e B, percebeu-se que 50% dos alunos determinaram o valor aproximado do calor específico médio das substâncias, porém a turma C, só obteve um índice de 40% de acerto.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estado da arte sobre produção de conhecimento no campo do Ensino de Física aponta que são muitas as dificuldades dos professores e dos estudantes nos processos de ensino e aprendizagem dessa área. O formato estritamente teórico das aulas de Física ocupa grande responsabilidade quanto à restrição da assimilação dos conceitos da referida ciência. Em outras palavras, a exposição oral docente, a memorização de leis e a valorização purista do cálculo, por meio de tradicionais listas de exercícios, são apostas metodológicas que se distanciam da possibilidade criativa e motivadora que a concepção da aprendizagem significativa sinaliza.

As aulas de Física, destacadamente na educação básica, com ênfase em atividades experimentais significativas, têm como objetivo implementar ações que ampliem o interesse dos estudantes pela disciplina. A presente pesquisa, ao se debruçar sobre a intenção pedagógica da aprendizagem significativa por meio de aula experimental, apresentou diversas possibilidades conceituais, procedimentais e atitudinais para a utilização das aulas criativas como lócus para desenvolver o raciocínio, para compreender as causas e os efeitos físicos que ocorrem no cotidiano, facilitando a aprendizagem por meio da reflexividade do ensino de Física.

Seguindo a linha do pensamento anterior, importa destacar que os capítulos conceituais da pesquisa surgiram inspirados pela riqueza teórica mediada nas aulas do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física realizado no Polo do IFRN. A referida formação *Strictu Sensu* aprofundou o nosso olhar investigativo sobre as teorias da aprendizagem, a Pedagogia Construtivista de Piaget, a Escola Ativa de Dewey, a Aprendizagem Significativa de Ausubel e, principalmente, sobre a Transposição Didática segundo Yves Chevallard. Os conceitos e apontamentos dessa diversidade epistemológica das ciências da educação foram atenciosamente estudados e sistematizados em uma sessão exclusiva dessa pesquisa.

Em síntese, a proposição da aprendizagem significativa valoriza os esforços docentes no sentido de criação de condições para que a aprendizagem contextual se efetive, desafia o professor a adotar a postura de mediador entre o aluno e o conhecimento. Para tanto, a atuação do professor deve levar em conta que o aluno é o sujeito do conhecimento e não mero receptor de informações. Por isso, o seu sentido é envolver o aluno, tornando as aulas momentos de interação e aprendizagem.

Para cumprir os objetivos da pesquisa sobre aprendizagem significativa com aula experimental, privilegamos o campo da física térmica elegendo os conceitos de Calor e Temperatura para a exequibilidade de seus propósitos. Calor e Temperatura são conceitos fundamentais da Termologia, que é a área da Física que estuda os fenômenos associados ao calor, como a temperatura, dilatação, propagação de calor, comportamento dos gases, entre outros. Conforme pontuamos, muitas vezes, esses dois conceitos são utilizados como sinônimos, porém, apesar de estarem associados, possuem aspectos distintos, outras vezes, quando ancorado no conhecimento popular, recebem sentidos divergentes da concepção científica.

Cientificamente, o conceito de calor consiste em energia térmica que se transfere de um corpo para outro em razão da diferença de temperatura. Essa transferência ocorre sempre do corpo de maior temperatura para o de menor temperatura até que atinjam o equilíbrio térmico. O conceito de temperatura consiste em uma grandeza física utilizada para medir o grau de agitação das moléculas de uma determinada quantidade de matéria. Quanto mais agitadas as moléculas de um corpo, maior será a sua temperatura.

Os resultados da pesquisa demonstram que a proposta apresentada em nosso pré-teste possibilitou fazer uma análise com base nos conhecimentos prévios dos alunos, bem como coletar dados, levando em consideração o senso comum. No momento inicial da pesquisa, realizamos a coleta de dados, analisamos o pré-teste e observamos que existiam lacunas conceituais no tocante aos sentidos de calor, temperatura, equilíbrio térmico, transmissividade, condutor e isolantes térmicos, dentre outros, visto que os alunos trazem consigo ainda muitos outros sentidos atrelados a esses provenientes do senso comum.

Na atividade de monitoramento dos saberes prévios, aplicada em sala de aula, percebemos, através das concepções referentes aos conceitos de equilíbrio térmico, fonte térmica, condutor, isolante térmico, transferência de energia e causas da transferência de energia, que o senso comum está muito ancorado às estruturas cognitivas dos alunos. Constatamos isso nos resultados do questionário aplicado aos alunos. Nas sete questões que exploravam os conhecimentos científicos, apenas duas delas tiveram a alternativa correta com maior índice de acerto: uma com 34,9% e a outra com 47,9%. Nas demais questões, o índice de acerto ficou abaixo de 25%. Concluimos assim que, nas respostas, havia uma grande influência do senso comum.

No segundo momento da pesquisa, na aula de laboratório, abordamos as sensações térmicas. Durante o procedimento experimental, verificamos que os alunos traziam consigo uma confusão grande no que diz respeito às concepções de calor e de temperatura. Para eles, esses conceitos eram sinônimos, ou seja, o que é “quente” tem temperatura mais alta ou possui uma grande quantidade de calor, e aquilo que é mais “frio” tem temperatura menor. Logo, possui pequena quantidade de calor.

No entanto, durante o procedimento experimental, os alunos foram percebendo que a questão de “quente” e “frio” é apenas uma questão de referencial, pois compreenderam que, o que é “quente” para um, pode ser “frio” para o outro, ou seja, o “quente” é percebido quando um corpo absorve energia, e o “frio”, quando o corpo perde energia. Sendo assim, é preciso ter muita atenção, pois esses conceitos de quente e frio podem estar associados apenas às sensações, e não ao estado térmico real do corpo, constituindo uma concepção equivocada desses conceitos. Ao final do processo experimental, concluíram que o sentido do tato humano nos proporciona apenas uma sensação térmica, passível de confusão sensorial. Portanto, é um sistema impreciso para se determinar a temperatura e que, para tal função, é necessário um aparelho destinado a esse fim, o termômetro.

Na continuidade da pesquisa, no terceiro momento, o foco foi o experimento de calor específico sensível. Nessa fase, os alunos trabalharam os conceitos de equilíbrio térmico, calor, temperatura, energia, sistema isolado e calor específico sensível. Para tanto, ao adicionar o corpo de temperatura mais elevada, no caso do metal, no calorímetro com água, percebeu que a temperatura da água aumentava. Com isso, os alunos começaram a questionar o porquê desse aumento de temperatura da água.

A resposta a esse questionamento veio logo em seguida, baseando-se no princípio da conservação. Se um corpo tem sua temperatura aumentada, é porque outro corpo está fornecendo essa energia, que, no caso, era o corpo metálico. Portanto, a energia fluía do metal, corpo de maior temperatura, para a água, corpo de menor temperatura. Dessa forma, a temperatura do metal diminuiu e a da água aumentou até que as temperaturas entre eles se iguallassem, atingindo o equilíbrio térmico.

Estabelecida a compreensão de equilíbrio térmico, os alunos puderam calcular a quantidade de calor que fluiu do metal para a água. Constataram ainda que o calor cedido pelo metal foi totalmente absorvido pela água, considerando que o nosso

calorímetro fosse ideal. Com esses valores, os alunos conseguiram determinar o calor específico sensível dos metais e compará-los aos valores médios da tabela.

Em sua grande maioria, os alunos conseguiram ter um valor aproximado do valor tabelado. Diante desses valores próximos, procuraram explicar os motivos pelos quais os valores não coincidiram. Dentre as várias teses, justificaram, em grande parte, que o ambiente não era controlado, que as temperaturas externas influenciaram e que o calorímetro não era ideal.

Com tudo que expusemos acima, acreditamos que os nossos objetivos foram alcançados, pois aquelas concepções prévias equivocadas que os alunos tinham foram substituídas por conhecimentos científicos comprovados nas aulas experimentais. A aprendizagem significativa foi intensificada qualitativamente com a prática dos laboratórios associada aos conteúdos teóricos ministrados em sala de aula.

Enfim, os resultados percebidos demonstraram que é de grande importância permitir aos alunos o confronto de conceitos de física com situações reais, relacionando teoria e prática, tendo como finalidade descobrir mais sobre o assunto e, principalmente, compreender assertivamente o conteúdo. Quando tal conteúdo é abordado de maneira prática, através da experiência significativa contextual, o aluno passa a compreender o conteúdo de uma maneira específica e ampla, muitas vezes, relacionando com fenômenos presentes no seu dia a dia. Tal percepção é de grande importância, pois é através dela que dificuldades de aprendizagens são vencidas, expandindo a visão sobre os conceitos para além do exercício memorístico da ultrapassada abordagem pedagógica reducionista.

REFERÊNCIAS

- ALVES, Z. M. M. B. e SILVA, M. H. G. F. D. **Análise Qualitativa De Dados De Entrevista: Uma Proposta**. Revista Paidéia, FFCLRP – USP, Rib. Preto, 2, Fev/Jul, 1992.
- AUSUBEL, D. P. Aquisição e retenção de conhecimentos: Uma perspectiva cognitiva, Lisboa: Editora Plátano, 2003.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D. e HANESIAN, H. Psicologia Educacional. Rio de Janeiro: Editora Interamericana, 2ª edição, 1980.
- AUSUBEL, D.P. (1963). **The psychology of meaningful verbal learning**. New York: Grune & Stratton.
- AUSUBEL, D.P. (1968). **Educational psychology: a cognitive view**. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- BASSALO, J. M. A crônica do calor. In: BASSALO, J. M. Crônicas da Física: tomo 3. Belém: Universitária UFPA, p. 849-933, 1992.
- BECKER, F. **O que é construtivismo**. Ideias. São Paulo: FDE, n.20, p.87-93, 1993.
- CHEVALLARD, Y. **La transposition didactique: du savoir savant au savoir enseigné**. Grénoble, France: La Pensée Sauvage, 1991.
- CHEVALLARD, Y. (1997b). **Les savoirs enseignés et leur formes scolaires de transmission: un point de vue didactique**. In Skholê, Aix-Marseille, n. 7, p. 45-64,. Disponível em: <<http://www.aix-rs.iufm.fr/formations/filieres/mat/index.html>> Acesso em: nov. 2002.
- CHARNAY, R. **Aprendendo (com) a resolução de problemas**. In: PARRA, C. (org.). Didática da Matemática: reflexões psicopedagógicas. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.
- CIVEIRO, P. A. G. **Transposição didática reflexiva: Um olhar voltado para a prática pedagógica**. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ensino de Matemática da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, 2009.
- DEWEY, J. A **Filosofia em reconstrução**. São Paulo: Editora Nacional, 1958.
- DEWEY, J. **Democracia e Educação**. 4ª. Edição. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1979.
- DEWEY, J. **Vida e Educação**. 5 ed. São Paulo: Nacional, 1959.
- FOX, R. **The caloric theory of gases**: from Lavoisier to Regnault. Oxford: Oxford University Press, 1971.

FREITAG, B. **Aspectos filosóficos e sócio-antropológicos do construtivismo pós-piagetiano**. In: GROSSI, E.P., BORDIM, J. Construtivismo pós-piagetiano: um novo paradigma de aprendizagem. Petrópolis: Vozes, 1993.

GAMBOA, S. **Pesquisa Educacional: quantidade-qualidade**. São Paulo. CORTEZ, 1995.

GIMENO-SACRISTÁN, J. **Escolarização e cultura: a dupla determinação**. In: SILVA, L. H. AZEVEDO, J. C. e SANTOS, E. (Orgs). Novos mapas culturais, novas perspectivas educacionais. Porto Alegre: Sulina, 1996.

GOMES, Luciano C. **A ascensão e queda da teoria do calórico**. Cad. Bras. Ens. Fís., v. 29, n. 3: 1030 p. 1030-1073, dez. 2012.

HEWITT, Paul G.. **Física conceitual**. 9. ed. Porto Alegre: Artmed, 2002. p. 269 – 292.

HOUAISS, **Dicionário Eletrônico**. São Paulo: Editora Objetiva, 2001.

JUNIOR, Francisco Ramalho; FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES, Paulo Antonio de Toledo. **Os fundamentos da Física: termologia, óptica e ondas**. 7. ed. São Paulo: Moderna, v. 2, 2002. p. 9 -75.

LAVOISIER, A. L. **Traité élémentaire de chimie**. Paris: Académie des Sciences e de la Société Royale de Médecine, 1789.

LEITE, M. S. **Contribuições de Brasil Bernstein e Yves Chevallard para a Discussão do Conhecimento Escolar**. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Educação da PUC-RIO, 2004.

LUNA, S.V. **O falso conflito entre tendências metodológicas**. In: FAZENDA, I. (Orga.) Metodologia da Pesquisa Educacional. São Paulo. CORTEZ, 1989.

MARTINS, R. A.. **O Universo: teorias sobre sua origem e evolução**. 2. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2012.

MARTINS, P. Lúcia O. **Didática teórica, didática prática: para além do confronto**. São Paulo, Edições Loyola, 1989.

MEDEIROS, A. **Entrevista com o Conde Rumford: da teoria do calórico ao calor como uma forma de movimento**. Física na escola, v. 10, n. 1, p. 04-16, 2009.

MENDOZA , E. (Ed.). **Reflections on the motive power of fire by Sadi Carnot**. New York: Dover Publications, 1960.

MENGA, L. **O professor, seu saber e sua pesquisa**. Educação & Sociedade, ano XXII, nº 74, Abril/2001.

MENGA, L. **Pesquisa em educação: abordagem qualitativa**. São Paulo: EPU, 2013.

MINAYO, M. C. de S. (org.). **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. 29. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2010.

MORTIMER, Eduardo F., AMARAL Luiz O. F. **Calor e temperatura no ensino de termoquímica**. Rev. QUÍMICA NOVA NA ESCOLA Nº 7, MAIO 1998.

MORRIS, R. J. **Lavoisier and the caloric theory**. The British Journal for the History of Science, v. 6, n. 21, p. 1-38, 1972.

NOVAK, J.D. e GOWIN, D.B. **Aprender a aprender**. Lisboa, Plátano Edições Técnicas. Tradução para o português de Carla Valadares, do original Learning how to learn. 1996.

PÁDUA, A. B. de; (et al). **A natureza do calor: passados dois séculos, será que a teoria do calórico ainda é de alguma forma uma ideia atraente ou, até mesmo, útil?** Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas, Londrina, v. 30, n. 1, p. 3-18, jan./jun. 2009.

PÁDUA , A. B.; Pádua , C. G.; SILVA, J. L. C. **A História da termodinâmica, uma ciência fundamental**. Londrina: EDUEL, 2009a.

PIAGET, J, **O Nascimento da Inteligência na Criança**, 4ª edição, Rio de Janeiro, Zahar, 1982.

PIAGET, Jean. **Biologia e Conhecimento**. 2ª Ed. Vozes: Petrópolis, 1996.

PULIDO, Marcelo D., SILVA, Aroldo N. **Do calórico ao calor: uma proposta de ensino de química na perspectiva histórica**. Rev. História da Ciência e do Ensino, Volume 3, 2011 – pp. 52-77.

SILVA, Ana P. B. **Concepções sobre a natureza do calor em diferentes contextos históricos**. Cad. Bras. Ens. Fís., v. 30, n. 3, p. 492-537, dez. 2013. 492.

SILVA, Erivando J. da. **As dificuldades encontradas pelos alunos do ensino médio nos conceitos de calor e temperatura**. Monografia do Curso de Licenciatura em Física da Universidade Estadual do Ceará. Fortaleza, 2007.

APÊNDICES

APÊNDICE A - PRÉ-TESTE



Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF

Polo 10: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte - IFRN

Mestrando: Leaivlam Rodrigues de Lima

Orientador: DSc. Paulo Cavalcante da Silva Filho

Esta atividade avaliativa faz parte de uma dissertação de mestrado, vinculada ao MNPEF, produzida pelo mestrando Leaivlam Rodrigues de Lima, com a finalidade de avaliação prévia referente ao tema: temperatura e calor.

Responda às questões a seguir sobre temperatura e calor, escolhendo apenas uma das alternativas.

1 – Quando dois corpos de tamanhos diferentes estão em contato com a mesma temperatura, ambos isolados do meio ambiente, pode-se dizer que:

- a) o corpo maior é o mais quente
- b) o corpo maior cede calor para o corpo menor
- c) não há troca de calor entre os corpos
- d) o corpo menor cede calor para o corpo maior.
- e) o corpo menor é mais quente.

2 – Dois objetos de mesmo material, porém de massas diferentes, ficam durante muito tempo em um forno. Ao serem retirados do forno, são imediatamente colocados em contato, um com o outro. Nessa situação,

- a) passa calor do objeto de maior massa para o de menor massa.
- b) passa calor do objeto de menor massa para o de maior massa.
- c) nenhum dos objetos passa calor ao outro.
- d) o corpo de maior massa terá uma temperatura maior.
- e) o corpo de menor massa terá uma temperatura maior.

3 – Os mesmos objetos da questão anterior são agora deixados por muito tempo em uma mesma geladeira. Nessa situação, ao serem retirados e imediatamente colocados em contato, um com o outro,

- a) nenhum dos objetos possui energia térmica.
- b) o calor do objeto de maior massa para o de menor massa.
- c) nenhum dos objetos passa calor ao outro.

- d) o calor do objeto de menor massa para o de maior massa.
- e) o corpo de maior massa terá maior calor que o de menor massa.

4 – Um bom cobertor é aquele que:

- a) impede que o frio passe por ele.
- b) aquece o corpo humano.
- c) evita que o corpo humano perca temperatura para o ambiente.
- d) dificulta a condução do calor liberado pelo corpo humano para o ambiente.
- e) impede a condução do frio do ambiente para o corpo humano.

5 – Um estudante descalço, em uma sala ladrilhada (cerâmica), coloca seu pé esquerdo diretamente sobre a cerâmica e seu pé direito sobre um tapete ali existente. Diante do exposto, é correto afirmar que:

- a) a temperatura do tapete é menor do que a da cerâmica.
- b) o tapete e a cerâmica estão a uma mesma temperatura.
- c) a temperatura da cerâmica é menor do que a do tapete.
- d) a cerâmica possui mais calor que o tapete.
- e) o tapete é mais quente que a cerâmica porque tem mais calor.

6 – Para se admitir a existência do calor:

- a) basta um único corpo.
- b) são necessários, pelo menos, dois corpos.
- c) basta um único corpo, mas ele deve estar “quente”.
- d) basta um único corpo, mas ele deve estar “frio”.
- e) são necessários, pelo menos, dois corpos: um “quente” e outro “frio”.

7 – Podemos associar o calor:

- a) a qualquer corpo, pois todo corpo possui calor.
- b) apenas àqueles corpos que se encontram “quentes”.
- c) a situações, nas quais há, necessariamente, transferência de energia térmica.
- d) apenas àqueles corpos que se encontram “frios”.
- e) a corpos que possuem temperaturas acima de 40°C

8 – A Termodinâmica está muito presente na vida do ser humano desde a pré-história até os dias atuais. Qual a importância científica e pessoal dos conceitos de temperatura e calor para você?

- a) Muito importante.
- b) Importante.
- c) Pouco importante.
- d) Sem importância.

Justifique sua resposta:

APÊNDICE B - ROTEIRO SENSAÇÃO TÉRMICA



Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF

Polo 10: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte - IFRN

Mestrando: Leaivlam Rodrigues de Lima

Orientador: DSc. Paulo Cavalcante da Silva Filho

Esta atividade avaliativa faz parte de uma dissertação de mestrado, vinculada ao MNPEF, produzida pelo mestrando Leaivlam Rodrigues de Lima, com a finalidade de avaliação experimental referente ao tema: temperatura e calor.

Alunos(as):

SENSAÇÃO TÉRMICA OU TEMPERATURA?

1. Objetivos

- Entender que o tato nos proporciona uma sensação térmica, não uma medida exata da temperatura.
- Concluir que é necessário um instrumento apropriado para mensurar a temperatura.

2. Introdução

As informações do mundo podem ser sentidas, tais como: sons, visões, cheiros, gostos, temperatura, pressão, posição do corpo humano e o movimento de partes dele. A todo o momento, coisas diferentes são percebidas pelos seres humanos, que ainda têm a tarefa de determinar como e quando reagir ou ignorar as informações que recebem - tarefa realizada pelo cérebro. Essa organização e integração das várias percepções permitem que os seres humanos deem algum sentido ao mundo. Uma delas é a sensação térmica que os seres humanos constataam no cotidiano através do tato. Essa sensação será verificada na experiência que segui.

3. Material

- a) Três recipientes grandes de água.
- b) 1,5 litros de água morna (temperatura de banho).
- c) 1,5 litros de água fria.
- d) 3,5 litros de água da torneira (temperatura ambiente).
- e) Um par de copos com gelo.

4. Procedimento experimental

Primeiro procedimento: Coloque os três recipientes dispostos em linha. No recipiente central, coloque a água retirada da torneira e, nos recipientes laterais, adicione a água misturada com o gelo no recipiente da esquerda e, no da direita, a água quente, como mostrado na Figura.

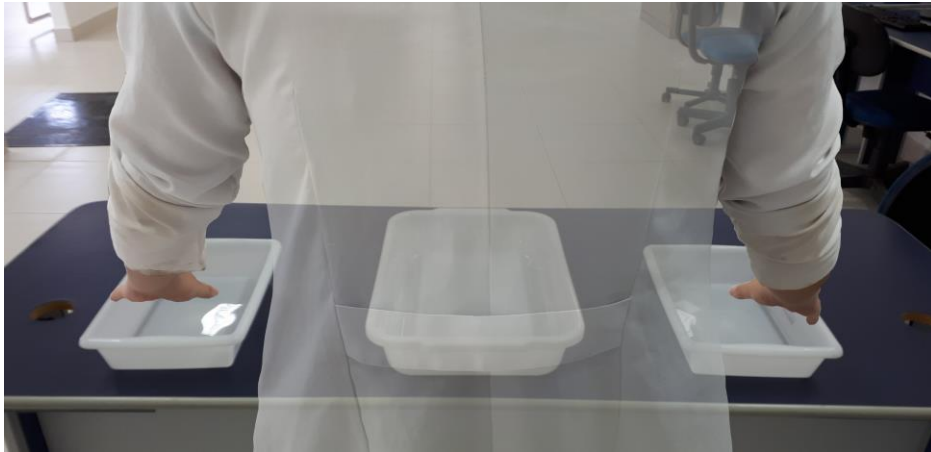


Segundo procedimento: Após adicionar as águas em seus respectivos recipientes, insira as duas mãos, simultaneamente, no recipiente central por aproximadamente 1 minuto.



1 - Ao colocar as duas mãos no recipiente do meio, que sensação térmica você sentiu em cada mão?

Terceiro procedimento: Retire as suas mãos do recipiente central e as coloque, simultaneamente, uma no recipiente da direita e a outra no recipiente da esquerda. Aguarde por aproximadamente 1 minuto.



2 - Ao mergulhar as mãos em cada recipiente, que sensação térmica você sentiu? Descreva abaixo:

a) Sensação percebida com a mão direita.

b) Sensação percebida com a mão esquerda.

Quarto procedimento: Deposite as duas mãos, ao mesmo tempo, no recipiente central.



3 – Agora, descreva abaixo que sensação você está sentindo:

a) Com a mão direita.

b) Com a mão esquerda.

4 - Compare as sensações térmicas obtidas, no segundo procedimento, quando inseridas as mãos no recipiente central, com os resultados obtidos no quarto procedimento.

5 - A água do recipiente central está quente, fria ou à temperatura ambiente?
Justifique.

APÊNDICE C - ROTEIRO CALOR ESPECÍFICO SENSÍVEL



Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF

Polo 10: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte - IFRN

Mestrando: Leaivlam Rodrigues de Lima

Orientador: DSc. Paulo Cavalcante da Silva Filho

Esta atividade avaliativa faz parte de uma dissertação de mestrado, vinculada ao MNPEF, produzida pelo mestrando Leaivlam Rodrigues de Lima, com a finalidade de avaliação experimental referente ao tema: Calor específico sensível.

Alunos (as): _____

CALORIMETRIA: CALOR ESPECÍFICO SENSÍVEL

1. Objetivos

- Verificar o princípio de conservação da energia térmica de um sistema.
- Determinar o calor específico de objetos metálicos e verificar sua dinâmica temporal na troca de calor.

2. Introdução

No nosso dia a dia, surgem questionamentos a respeito do aquecimento e resfriamento de determinados corpos, como exemplos: a) Por que, durante o dia, a areia da praia esquenta mais rápido que a água do mar e, durante a noite, a água do mar resfria mais lentamente que a areia? b) Por que um copo de alumínio esquenta mais rápido que um copo de plástico (PVC) quando cheio de café? Para responder a essas e a outras perguntas, será feita uma investigação de uma das propriedades térmicas da matéria, chamada de calor específico, através do experimento abaixo.

3. Material

- a) 1 calorímetro
- b) 2 termômetros

- c) 1 balança
- d) 1 Becker de 500ml
- e) 2 corpos sólidos: alumínio e cobre
- f) 1 fonte térmica
- g) 1 tela de amianto

4. Procedimento experimental

Primeiro procedimento:

- (a) Meça a massa do corpo 1 (cobre ou alumínio).

$$M_{\text{metal1}} = \text{_____ g}$$

Depois, encha o copo do Becker com 200ml de água e mergulhe, nele, o corpo 1. Ligue a fonte térmica e espere que a água comece a ferver.

- (b) Enquanto a água é aquecida no Becker, faça a tara da balança (zerar) e coloque o calorímetro. Depois, deposite aproximadamente 200 g de água (m_A), retirada da torneira, dentro do calorímetro. Agora, agite suavemente o calorímetro com a água, a fim de se obter a temperatura de equilíbrio do sistema (calorímetro + água), meça essa temperatura com o termômetro e anote os valores abaixo:

$$m(\text{água}) = \text{_____ g}$$

$$T_{(\text{calorímetro} + \text{água})} = T_{0\text{água}} = \text{_____ } ^\circ\text{C}$$

Essa temperatura será denominada de temperatura inicial da água T_{0A} .

- (c) Após iniciado o processo de ebulição da água no copo de Becker, aguarde uns minutos para que o metal fique em equilíbrio térmico com a água. Depois, então, meça a temperatura do conjunto (água + corpo 1). Muito cuidado ao medir essa temperatura! Coloque sempre o bulbo do termômetro em meia altura da lâmina de água. Anote abaixo a temperatura do corpo1.

$$T_{(\text{metal1})} = \text{_____ } ^\circ\text{C}$$

Essa temperatura será denominada de temperatura inicial do corpo 1 T_{0c} .

Segundo procedimento:

- (d) Retire o corpo1 do Becker, suspendendo-o pelo barbante e coloque-o rapidamente dentro do calorímetro para não trocar calor com o meio externo. Feche o calorímetro, agite-o, bem devagar, até que a temperatura interna se

estabilize. Com o termômetro, meça e anote a nova temperatura do sistema.

$$T_{\text{eq}}(\text{água} + \text{corpo}) = \text{_____ } ^\circ\text{C}$$

Essa temperatura será denominada de temperatura de equilíbrio térmico T_{eq} .

Terceiro procedimento:

(e) Após as devidas medições, transfira os resultados obtidos para a tabela 1.

Tabela 1

Substância	Massa (g)	T_0 ($^\circ\text{C}$)	T_{eq} ($^\circ\text{C}$)
Água			
Corpo 1			

Repita os procedimentos anteriores com o corpo 2 e complete a tabela 2.

Tabela 2

Substância	Massa (g)	T_0 ($^\circ\text{C}$)	T_{eq} ($^\circ\text{C}$)
Água			
Corpo 2			

Análise dos resultados

Com os dados das tabelas acima, responda ao questionário abaixo:

1. O que aconteceu com a temperatura dos metais e da água, em cada caso, quando o corpo de alumínio ou de cobre foi retirado da água fervente e adicionado ao calorímetro contendo água?

2. No processo de equilíbrio da temperatura, ocorreu transferência de algo durante a interação do alumínio com a água e do cobre com a água? Se ocorreu, o que foi transferido? Essa transferência se deu dos metais para a água ou da água para os metais? Justifique.

3. Um calorímetro ideal é aquele que não permite a interação do meio externo com o sistema em estudo. Considerando que o calorímetro seja o ideal, pode-se afirmar que, durante o processo de equilíbrio da temperatura do nosso sistema, ocorreu conservação da energia? Justifique.

Determinação do calor específico do corpo 1

4. Com base nos dados da tabela 1, calcule a quantidade de calor absorvida pela água.

$$Q_{\text{água}} = m_{\text{água}} \cdot C_{\text{água}} \cdot (T_{\text{Eq}} - T_{0\text{água}})$$

5. Considerando que o sistema, em estudo, é conservativo, ou seja, que toda energia liberada pelo corpo 1 seja absorvida pela água, determine o calor específico do corpo 1.

$$Q_{\text{corpo1}} + Q_{\text{água}} = 0$$

Determinação do calor específico do corpo 2

Para determinar o calor específico do corpo 2, repita os procedimentos das questões 4 e 5.

Com base nos dados da tabela 2, calcule a quantidade de calor absorvida pela água.

$$Q_{\text{água}} = m_{\text{água}} \cdot c_{\text{água}} \cdot (T_{\text{Eq}} - T_{0\text{água}})$$

Considerando que o sistema, em estudo, é conservativo, ou seja, que toda energia liberada pelo corpo 2 seja absorvida pela água, determine o calor específico do corpo 2.

$$Q_{\text{corpo2}} + Q_{\text{água}} = 0$$

6. De acordo com a literatura, em condições normais de pressão (1atm) e temperatura de 25°C, o calor específico do alumínio é $c_{\text{Al}} = 0,22 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$ e do cobre, $c_{\text{Cu}} = 0,09 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$. Agora, compare os valores obtidos em suas experiências. Foram iguais ou diferentes? Se diferentes, quais os fatores físicos que podem ter influenciado para que tais diferenças ocorressem?
