SEQUÊNCIA DIDÁTICA EXPERIMENTAL PARA O ESTUDO DO CALOR E SUA PROPAGAÇÃO

RONILSON DA SILVA LIMA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação Universidade Federal do Acre 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. Dr. Jorge Luis López Aguilar - UFAC

Rio Branco - Acre

Agosto/2020

RONILSON DA SILVA LIMA

SEQUÊNCIA DIDÁTICA EXPERIMENTAL PARA O ESTUDO DO CALOR E SUA PROPAGAÇÃO

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação Universidade Federal do Acre no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física

Banca examinadora:

_____

Prof. Dr. Jorge Luis López Aguilar (orientador – UFAC)

_____

Profa. Dra. Esperanza Lucila Hernandez (membro interno - UFAC)

_____

Prof. Dr. José Higino Dias Filho (membro externo – UNIMONTES)

Rio Branco, Acre
Agosto/2020

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da UFAC

L7324s Lima, Ronilson da Silva, 1995-

Sequência didática experimental para o estudo do calor e sua propagação / Ronilson da Silva Lima; orientador: Dr. Jorge Luís López Aguilar. – 2020.

144 f.: il.; 30 cm.

Mestrado (Dissertação) – Universidade Federal do Acre, Programa de Pós-Graduação em Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), Rio Branco, 2020.

Inclui referências bibliográficas, apêndices e anexos.

1. Ensino de Física. 2. Termologia. 3. Sequência didática experimental. I. López Aguilar, Jorge Luís (orientador). II. Título.

CDD: 530

Bibliotecário: Uéliton Nascimento Torres CRB-11º/1074.

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho completamente a minha família, que com todas minhas limitações e dificuldades, acreditaram e confiaram em mim.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a DEUS, que é digno de toda honra e toda glória.

Em segundo lugar agradeço minha família cujo são meus alicerces na Terra. Agradeço por toda credibilidade, força, motivação dentre tantos outros aspectos que são fundamentais e primordiais para chegar-me até aqui. Meu pai Luiz, minha mãe Zuleni, meus queridos irmãos Monária, Romildo, Romilson, Francisco Ronildo e Naiara. Não poderia deixar de citar minha namorada Jaqueline Alencar por sempre estar comigo, apesar de todas dificuldades dentre elas destaca-se a distância, porém mesmo assim me apoia no de todas formas.

Agradeço ao meu orientador professor Dr. Jorge López Aguilar por todo tempo dedicado em suas orientações, suas inúmeras horas dedicadas a esse trabalho, a todos momentos que a procurei sempre esteve disposto a me ajudar, assim como toda sua a dedicação e o seu auxílio para desenvolvermos esse trabalho. Sem não fossem suas orientações eu não chegaria aqui.

Agradeço todos meus colegas que compartilharam apartamento comigo bem como o convívio durante todo esse ano letivo.

Agradeço todos meus professores do MNPEF, em especial a professora Dra. Esperanza Lucila Hernández Angulo.

Meus agradecimentos especiais também são destinados ao meu querido amigo professor Dr. Cleidson Rocha por toda ajuda designada a mim.

Agradeço a todos meus colegas por todos momentos compartilhados juntos.

Gratidão é a palavra que posso utilizar para descrever o sentimento.

RESUMO

Ronilson da Silva Lima

Orientador:
Prof. Dr. Jorge Luis López Aguilar- UFAC

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física - polo 59/UFAC/Rio Branco 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.

O presente trabalho tem por objetivo estabelecer uma aprendizagem dinâmica e interativa através de uma metodologia ativa, a partir de uma sequência didática experimental na forma de produto educacional, para o processo de ensino-aprendizagem do conteúdo de Termologia. O produto educacional está constituído por uma sequência didática acompanhado por um roteiro para trabalhar experimentalmente o calor e sua propagação em meios acessíveis. O trabalho apoiou-se nas teorias de aprendizagem significativa de David Ausubel e na teoria Sociointeracionista de Lev Vygotsky. O desenvolvimento da pesquisa e aplicação do produto educacional foi realizado na Escola Pública Estadual Francisco Freire de Carvalho do município de Mâncio Lima no Estado do Acre, sendo aplicado aos estudantes do 9º ano do ensino fundamental. Foram aplicados três questionários, sendo o primeiro para identificação dos conhecimentos prévios (*subsunçores)*, o segundo para avaliar qualitativamente se houve ancoragem do novo conhecimento por meio do produto educacional, e o último para avaliar a opinião dos alunos com relação a metodologia utilizada durante a pesquisa. A partir dos resultados obtidos e pelas afirmações dos educandos, a metodologia experimental empregada favoreceu e contribui para melhorar o ensino e aprendizagem de ciências, em especial a termologia. A parte da propagação do calor em diferentes meios foi proposta, montada e testada experimentalmente com recursos acessíveis.

Palavras-chave: Ensino de Física. Termologia. Sequência didática experimental.

ABSTRACT

Ronilson da Silva Lima

Advisor:

Prof. Dr. Jorge Luis López Aguilar- UFAC

Master's Dissertation submitted to the Postgraduate Program in Physics Teaching - pole 59 / UFAC / Rio Branco in the Professional Master's Course in Physics Teaching (MNPEF), as part of the requirements to obtain the Master's Degree in Physics Teaching.

The present work aims to establish dynamic and interactive learning through an active methodology, from an experimental didactic sequence in the form of an educational product, for the teaching-learning process of the Thermology content. The educational product is organized by a didactic sequence accompanied by a script to work with heat, and its propagation in available means experimentally. The work was based on David Ausubel's theories of meaningful learning and Lev Vygotsky's Sociointeractionist theory. The development of research and application of the educational product was carried out at the Francisco Freire de Carvalho State Public School in the municipality of Mâncio Lima in the State of Acre, was applied to students in the 9th grade of elementary school. Three questionnaires were applied, the first to identify previous knowledge (subsunctions), the second to qualitatively assess whether the new knowledge was anchored through the educational product, and the last to assess students' opinions regarding the methodology used during the search. Based on the results obtained and the statements of the students, the experimental methodology employed favored and contributed to improving science teaching and learning, especially thermology. The part of the heat propagation in different media was proposed, assembled, and tested experimentally with accessible resources.

Keywords: Physics teaching, Thermology, Experimental didactic sequence

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: zonas de desenvolvimento.....15
Figura 2: relação entre as escalas termométricas.....18
Figura 3: equilíbrio térmico entre dois corpos.....20
Figura 4: um corpo de massa ´m´ em duas temperaturas (T_i) inicial e aquecida a outra temperatura (T_f).....21
Figura 5: transferência de energia.....22
Figura 6: propagação do calor ao longo de uma barra metálica.....23
Figura 7: condução de calor num metal de área (A) e espessura $\Delta x=L$.....24
Figura 8: fluxo de calor numa placa metálica de alumínio.....25
Figura 9: transferência de calor através de configurações cilíndricas.....26
Figura 10: cilindros concêntricos com, $r_1 < r < r_2$.....27
Figura 11: distribuição de calor numa estrutura cilíndrica oca.....30
Figura 12: distribuição do calor numa estrutura cilíndrica fechada.....30
Figura 13: tipos de propagação do calor.....31
Figura 14: materiais necessários na primeira experiência.....38
Figura 15: vasilhas com água.....39
Figura 16: realização da primeira atividade experimental.....39
Figura 17: materiais utilizados na segunda atividade experimental.....41
Figura 18: leitura do termômetro na placa de ferro.....41
Figura 19: leitura do termômetro no bloco de madeira.....42
Figura 20: termômetro de mercúrio.....44
Figura 21: termômetro farmacêutico.....44
Figura 22: materiais utilizados para realização da terceira experiência.....46
Figura 23: trabalho experimental com os termômetros.....48
Figura 24: ilustração de panelas com massas de água iguais.....50
Figura 25: ilustração de panelas com massas de água diferentes.....50
Figura 26: questionário inicial respondido por um aluno da turma A.....62
Figura 27: questionário pré-teste realizado por um aluno da turma B.....64
Figura 28: questionário pós-teste resolvido por um estudante da turma A.....66
Figura 29: resolução do questionário pós-teste de um aluno da turma B.....68
Figura 30: resolução do questionário sobre a metodologia realizado por um estudante.....70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: calor específico e condutividade térmica de alguns materiais.....25
Tabela 2: Sequência Didática.....34
Tabela 3: resultados geral do pré-teste.....58
Tabela 4: resultado gerais do pós-teste.....59
Tabela 5: resultado do questionário sobre a metodologia aplicada na pesquisa.....59

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: resultados dos questionários realizados pela turma do 9º ano A.....55
Gráfico 2: resultados dos questionários no 9° ano B.....57

LISTA DE ABREVIATURAS

PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
PCNEM	Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio
MNPEF	Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física
ZDP	Zona de Desenvolvimento Proximal

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO 1
CAPÍTULO 1 5
REVISÃO DE LITERATURA 5
1.1 Desafios da disciplina de física na educação básica 7
1.2 Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel 11
1.3 Teoria Sociointeracionista de Lev Vygotsky 13
CAPÍTULO 2 17
ABORDAGEM FÍSICA 17
2.1.Temperatura 17
2.2. Equilíbrio Térmico 19
2.3. Calor 20
2.4. Transferência de calor por condução e condutividade 23
2.5. Transferência de calor por condução através de configurações cilíndricas 26
2.6 Mecanismos da transferência de calor 31
2.6.1 Transferência de calor por convecção 31
2.6.2 Transferência de calor por Irradiação 32
CAPÍTULO 3 33
3.2 METODOLOGIA DA PESQUISA 33
3.2.2 Elaboração da Sequência Didática 34
3.2.3.Desenvolvimento da sequência didática e Aplicação do teste diagnostico de conhecimentos 35
3.2.4. Segundo Encontro: Execução das atividades experimentais 37
3.2.5. Primeira experiência: O tato nos fornece a temperatura ou a sensação térmica de um corpo? 38
PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS 38
3.2.7 Terceiro Encontro: aula dialogada expositiva 42
3.3 Temperatura 43
3.4 Equilíbrio térmico 44
3.5 Sensação térmica 44
3.6 Transferência de calor 45
3.6.1 Quarto encontro: realização das atividades experimentais 45
3.6.2 Terceira experiência: Calor vs Temperatura 45
3.6.3 Quinto encontro: aula expositiva dialogada 49
3.7 Calor Específico 50
3.8 Aplicação do pós- teste de diagnóstico de conhecimentos 51
3.8.1 Avaliação Pós-teste 51
CAPÍTULO 4 54
RESULTADOS E DISCUSSÕES 54
4.1 Resultados da turma A 55
4.2. Resultados da turma B 56
CONCLUSÕES 72
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 74
ANEXOS: QUESTIONÁRIOS 79

6. APÊNDICE: PRODUTO EDUCACIONAL 84

INTRODUÇÃO

A física é uma ciência que estuda os fenômenos naturais que ocorrem na natureza, é uma disciplina que é lecionada nas escolas e que tem por objetivo investigar as leis que regem o comportamento do mundo macro e microscópico. Por exemplo, o comportamento das partículas que compõem a matéria segue leis bem definidas em muitos casos e em outros ainda estão na fase de estudo. Entender a evolução do universo demanda muitos estudos e criar novos modelos para entendê-las se faz necessários. O estudo do universo pela física permite desenvolver novas fontes de energia e criar novos materiais, produtos e tecnologias abrangentes para aplicação no cotidiano. Através do ensino de física os alunos conseguem interpretar e entender fatos e fenômenos que ocorrem na natureza, para que tenham uma melhor visão do mundo, além de permitir uma discussão crítica e filosófica no processo educativo (BRASIL, 1999, p. 22). O filósofo Voltaire, citado por Pozo e Crespo (2009, p. 189), menciona que desde a primeira infância nos acostumamos ao mundo que nos rodeia, percebido por meio dos nossos cinco sentidos:

> É nesta etapa do desenvolvimento mental que se constituem os conceitos fundamentais de espaço, tempo e movimento. A mente não demora em aferrar-se a essas noções, a tal ponto que mais tarde chegamos a acreditar que nossa imagem do mundo externo, baseada nelas, é a única possível, e imaginar a menor transformação resulta paradoxal demais para nós. (POZO e CRESPO 2009, p. 189)

Por outro lado, os docentes da área da educação precisam lidar com o senso comum da aversão à disciplina de ciências, em geral, e a física, em particular, por grande parte dos alunos, talvez pelo fato do conteúdo proposto simplesmente não estar contextualizado à realidade dos discentes. Na maioria dos casos, a física gera um sentimento de incapacidade de aprender, devido envolver raciocínio lógico e matemático para formalizar o fenômeno em estudo, também há grande desinteresse de parte dos alunos, oriundo da ideia de que física é difícil, é muito complicada e não se encaixa no dia a dia. Num trabalho, Castro (2014, p. 421) destaca que:

> A física na educação básica é uma disciplina que os alunos têm pouco interesse, sendo uma das razões, a falta de motivação destes, uma vez que a física é ministrada por meios tradicionais que envolve apenas teoria no quadro com muitas fórmulas sem significado claro e sem nenhum ambiente experimental para demonstração dos fenômenos observados.

A pergunta, então, deve dirigir-se às causas da dificuldade para se aprender física. A resposta a esta indagação tem resposta na interação entre as características próprias da disciplina e a forma como os alunos aprendem.

O sistema educacional no Brasil tem se deparado com a discussão sobre método de ensino, buscando a implementação daqueles que possam produzir resultados mais satisfatórios

à aprendizagem dos alunos. Por esta razão, temos visto uma proliferação de métodos que se definem como “metodologias ativas de ensino”. Estas metodologias resultam do grande debate e produção acadêmica sobre as concepções e tendências pedagógicas da educação e da evolução da compreensão do lugar do aluno no processo ensino-aprendizagem. De um ser passivo e nulo, o aluno vai sendo colocado no centro do processo de ensino, e o professor, cuja autoridade e competência definiam o seu lugar como principal polo do processo de ensino, passa a ser um mediador, propondo e acompanhando a livre ação dos indivíduos/alunos na resolução dos problemas propostos. Essas metodologias chamadas ativas, têm se difundido nos últimos anos dentro da sala de aula. No ensino de física, por exemplo, tem-se utilizado jogos, cultura, artes, músicas, o teatro, entre outros.

De nossa parte, em razão da nossa prática docente em sala de aula e dos estudos de experiências de ensino de física, temos sido instigados à construção de alternativas viáveis para o ensino dessa disciplina. Encontramos, no conceito das metodologias ativas, potencial propulsor para uma intervenção mais significativa, vislumbrando possibilidades de envolvimento dos alunos na construção de um caminho do conhecimento. Nesse itinerário de buscas de melhores formas de atuação do docente, destacamos a utilização de experimentos que fujam da ideia de um laboratório estruturado. Esta ideia institui o laboratório como território vivo, podendo ser construído pelos próprios alunos, ganhando significância como palco de uma aprendizagem dinâmica.

O uso de experimentos em sala de aula têm se tornado uma atividade cada vez mais comum. Aplicado ao ensino de física, tem evidenciado que a construção de um conceito deve ser iniciada através de situações reais que possibilitem ao aluno tomar consciência de que já tem algum conhecimento sobre o assunto, podendo usá-lo em sala de aula e em confrontação com o saber organizado do professor, difundindo e ampliando a aprendizagem do educando. Além do mais, de acordo com Laburú (2006, p. 382) “as atividades experimentais podem servir de poderoso estímulo, como componente inicial para despertar ou manter o interesse dos alunos nos conteúdos trabalhados”.

É imprescindível mencionar que a defasagem de conhecimento condizente ao ensino de física é um problema nacional, e que cada escola apresenta suas peculiaridades. Assim sendo, para que ocorra o processo ensino-aprendizagem em física, de modo satisfatório, há diversas variáveis que precisam ser analisadas, como por exemplo: a infraestrutura escolar, a qualificação dos professores, a elaboração de planejamento/estratégia de aula, a questão social dos alunos, a falta de laboratórios de ciências, dentre outros fatores.

A realidade de uma escola com suas discutidas insuficiências de espaço, material, formação de professores, desestímulo dos alunos, contrasta com as perspectivas dos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio PCNEM, que, visando um ensino mais eficiente, propõem orientações sobre os conteúdos básicos a serem ensinados e aprendidos em cada etapa, devendo os professores adaptar os parâmetros à realidade das escolas onde lecionam e ao perfil de seus alunos.

Levando em consideração todas essas dificuldades na didática do professor, a dificuldade e o desânimo dos alunos nessa disciplina, Valadares e Moreira (1998) argumentam que, "é imprescindível que o professor resgate o interesse dos alunos".

As experiências de sala de aula e os debates teóricos apontam que, por meio de aulas expositivas, conteudistas, matematizadas, com pouquíssimas discussões conceituais e grande repetição de exercícios a partir de um exemplo, tendo em vista um suposto aprendizado dos conteúdos, não será obtido o êxito desejado para incentivar o interesse pela disciplina (CARVALHO, 2010; ABIB, 2010; BRASIL, 1999).

Diante deste cenário pouco animador, onde os discentes estão desmotivados com o estudo da disciplina, realizamos a seguinte indagação: Que tipo de contribuição pode-se propor com o intuito de facilitar o ensino/aprendizagem da disciplina de ciências/física?

Não há uma resposta simples para enfrentar essa problemática e sim tentar responder com uma proposta metodológica de ensino do tipo experimental baseada em sequências didáticas para contornar o problema de aprendizagem de conteúdos de física. Neste trabalho apresentamos uma proposta de metodologia ativa com aplicação de experimentos relacionados a termologia, especificamente dos assuntos de temperatura, sensação térmica, calor, trocas de calor e propagação do calor, tendo em vista que possuem conceitos muito próximos.

O objetivo geral deste trabalho consiste em elaborar uma sequência didática que propicie um ambiente de aprendizagem dinâmico e interativo através do uso de práticas experimentais como meio facilitador para o processo de ensino-aprendizagem para o ensino de Termologia no ensino de ciências, utilizando as teorias de David Ausubel e Lev Vygotsky. Além do objetivo geral, temos como objetivos específicos: selecionar as atividades experimentais para cada conteúdo da sequência didática, elaborar o passo a passo de cada experimento, testar os experimentos, elaborar uma sequência didática incluindo as atividades experimentais, estudar o método para analisar os resultados, aplicar a sequência didática nos alunos, elaborar um material com roteiros e experimentos como produto educacional dirigido a professores de Ensino Fundamental e médio com orientações para propiciar um ambiente de aprendizagem

dinâmico e interativo através do uso de práticas experimentais usando materiais alternativos acessíveis como meio facilitador para o processo de ensino-aprendizagem de Termologia no ensino de ciências.

A sequência do trabalho foi dividida em capítulos para um melhor entendimento. Desta forma, no capítulo 1 é trabalhado a revisão de literatura, sendo dividido em três subcapítulos. No primeiro subcapítulo é apresentado os desafios da física na educação básica. O segundo faz referência a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel. No terceiro subcapítulo é abordado a Teoria Sociointeracionista de Vygotsky. No capítulo 2 é apresentado a abordagem física do trabalho, e este é dividido em seis subcapítulos. No primeiro subcapítulo é descrito o conceito de temperatura. O segundo subcapítulo aborda o tópico de equilíbrio térmico. No terceiro subcapítulo é definido a grandeza calor. No quarto subcapítulo é abordada à transferência de calor por condução e condutividade. O quinto subcapítulo faz referência à transferência de calor por condução através de configurações cilíndricas. O sexto subcapítulo descreve os mecanismos da transferência de calor. No capítulo 3 são apresentados os procedimentos metodológicos, sendo este dividido em dez subcapítulos. No primeiro subcapítulo é descrito o tipo de estudo. No segundo subcapítulo é mostrado a população do estudo. No terceiro subcapítulo são descritos os processos de gerenciamento da pesquisa. O quarto subcapítulo descreve a etapa 1: com a elaboração da sequência didática. O quinto subcapítulo é destinado ao desenvolvimento da sequência didática, com a aplicação nos alunos do teste diagnóstico. O sexto subcapítulo descreve o segundo encontro com os alunos e a execução das atividades experimentais, com foco nas aplicações da primeira e segunda experiência. O sétimo subcapítulo faz narrativa ao terceiro encontro, sendo uma aula dialogada expositiva. No oitavo subcapítulo, sendo o quarto encontro, apresenta-se a realização de mais uma aula experimental, narrando a terceira e última experiência. O nono subcapitulo é destinado a narrativa do quinto encontro através de uma aula expositiva dialogada. No décimo e último subcapítulo é realizado o questionário pós-teste e o questionário da metodologia. No capítulo 4 são apresentados os resultados com análise de dados e discussões**,** onde são analisados os questionários dos pré-testes e os pós-testes aplicados a duas turmas A e B, e esse é dividido em dois subcapítulos, onde no primeiro subcapítulo são apresentadas as informações sobre os resultados da turma A. No segundo subcapítulo é exibido os resultados pertinentes à turma B.

Na conclusão são abordados os aspectos mais relevantes construídos durante todo trabalho, além do mais, são aludidas as contribuições que este proporcionou e que poderá agregar para o ensino-aprendizagem de Física na educação básica.

CAPÍTULO 1

REVISÃO DE LITERATURA

Foi realizada uma pesquisa bibliográfica consultando artigos científicos, trabalhos apresentados em eventos e dissertações relacionadas a temas com atividades experimentais para o Ensino de Física.

Nessa pesquisa encontramos um artigo publicado por Preussler, Costa e Mahlmann (2017), intitulado “A importância da experimentação no ensino de física”. Nesse trabalho os autores desenvolvem junto com os alunos seis atividades experimentais, sendo todas relacionadas com o tema de termologia. O objetivo era identificar maneiras de aumentar a motivação dos estudantes durante o processo de aprendizagem, e ao serem indagados como eles gostariam que fossem as aulas, a resposta imediata foi de que gostariam de aulas experimentais. Como conclusão das práticas experimentais, os autores constataram que a execução de atividades experimentais leva ao aumento de interesse dos conteúdos e no desenvolvimento das aulas mais atrativas e um melhor aprendizado.

Planejar e realizar medidas experimentais são essenciais para que os alunos sejam motivados a revisar conceitos estudados, ampliando-os e consolidando. Além do mais, esta estratégia metodológica estimula o senso crítico e a capacidade de tomar decisões de tarefas de ordem prática como explicado no trabalho “Calorimetria: um experimento para a participação ativa do estudante na construção do seu conhecimento de termoquímica”, publicado por Martins, Martinhon e Rocha (2016), apresentado no ENEQ 2016, realizada na Universidade Federal de Santa Catarina. A proposta foi utilizar um calorímetro para que os alunos pudessem realizar medidas de calor de dissolução de substâncias. Os resultados obtidos pelos alunos foram bem próximos dos valores encontrados na literatura. Os autores frisaram na participação dos alunos, motivação, entusiasmo, interesse, e a predisposição em aprender os conteúdos lecionados pelo discente mediador.

Na dissertação de mestrado apresentada por Chaves 2015, submetida ao Programa de Pós-Graduação da Universidade de Brasília - UnB, do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, intitulado: “EXPERIMENTANDO A TERMOLOGIA: uma proposta para o ensino de física, em turmas do Ensino Médio”, o autor apresenta uma sequência de roteiros experimentais para auxiliar o professor no conteúdo de termologia, e a partir dos resultados constatou que seu material era potencialmente significativo. O autor menciona que os alunos elogiaram e solicitaram mais atividades experimentais, pois segundo eles, gerava uma melhor

compreensão de conceitos e dos fenômenos físicos, uma vez que, atividades concretas são mais palpáveis que as abstratas teorias.

A dissertação de MICHELENA, 2008, submetida ao Programa de Pós-Graduação, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, titulada por: "FÍSICA TÉRMICA: UMA ABORDAGEM HISTÓRICA E EXPERIMENTAL". O trabalho desenvolvido pela autora refere-se a um material didático fundamentado nas teorias de aprendizagem significativa e na teoria da interação social, o trabalho é dividido em seis módulos e em todos módulos se faz uma abordagem histórica e experimental, para cada conceito trabalhado são propostas atividades experimentais com materiais de baixo custo. A autora faz uma abordagem teórica sobre a importância da utilização da experimentação em sala de aula.

Ao término da aplicação da proposta metodológica da autora, foi realizada por ela a avaliação através de questionários objetivando analisar a aprendizagem dos discentes, onde os resultados percentuais representam um bom aproveitamento de acertos nas questões na segunda aplicação, ou seja, depois da aplicação do produto. Um outro questionário designado pela autora era referente a opinião dos educandos quanto a prática, e ao visualizar os comentários dos alunos, observou tão quanto estavam entusiasmados, motivados, interessados e recomendavam a prática, notou-se também que os discentes nunca haviam trabalhado dessa forma, e em contrapartida, afirmaram estudarem apenas com mesmos recursos didáticos tradicionais.

Na dissertação apresentada por SANGOI, 2012, submetida ao Centro Universitário Franciscano, do Curso de Mestrado profissionalizante em Ensino de Física e de Matemática, intitulada por: "Uma proposta de integração teoria/experimento para o ensino de Termofísica nas escolas de ensino médio: Dilatação térmica". Neste trabalho, o autor propõe uma inserção da Integração Teoria/Experimento através da elaboração e aplicação de um módulo didático que engloba a parte experimental e a teórico-científica. O módulo fazia abordagem aos conteúdos referentes à Termofísica. O trabalho do autor teve um questionário antes da aplicação do produto e outro questionário depois, objetivando analisar os resultados após a aplicação.

Após o levantamento realizado pela leitura artigos e de algumas dissertações publicadas no site do MNPEF, podemos afirmar que existem muitos problemas identificados relacionados à falta de experimentação adequada com roteiros fechados para uma melhor aprendizagem e os resultados obtidos por essa pesquisa poderiam ser melhor aproveitado seguindo uma sequência didática com montagem experimentais e avaliações sequenciais que é o foco para a construção

do nosso produto educacional voltado para o ensino fundamental e podendo ser aplicado a nível médio também..

1.1 Desafios da disciplina de física na educação básica

Em termos gerais, a disciplina de física tradicionalmente apresenta seu enfoque fundamentando-se em aspectos essencialmente teóricos. Isso pode ser verificado mediante a análise dos livros didáticos da disciplina que são utilizados nas escolas, os quais se concentram basicamente em conceitos matemáticos e exercícios de fixação.

Num trabalho, Higa e Oliveira (2012, p. 78), apontam alguns obstáculos encontrados por parte dos alunos na assimilação e entendimento do conteúdo da disciplina de física. Para esses autores, "as principais dificuldades estão relacionadas ao entendimento dos conceitos físicos relacionados com os fenômenos naturais vivenciados pelos educandos, ou seja, estabelecer vínculo entre a teoria e a prática, o que gera desinteresse que pode ser manifestado na aversão à disciplina".

Como cita Seré (2003, p.37),

> A palavra Física origina-se do vocábulo grego 'physiké', que significa natureza. De modo elementar, pode-se afirmar que a Física estuda os fenômenos naturais, ou seja, as mudanças observáveis que ocorrem na natureza, tais como: o congelamento da água, o voo do pássaro, um ímã atraindo um pedaço de ferro, o som de um instrumento musical, um raio de luz atravessando um vidro. Estes fenômenos podem ser observados sem que haja mudança nas características das substâncias e nem formação de novas substâncias.

Porém, o principal referencial teórico desta pesquisa cujo foco enfatiza o trabalho em grupo nos anos finais do Ensino Fundamental na qual o autor Vanderlei Generoso Silva (2015), ressalta a importância por parte dos professores relacionado ao trabalho em grupos compartilhando aprendizagens e conhecimentos.

Essa preocupação segundo o autor Silva (2015) se reflete em uma busca de alternativas que possibilitem o enfrentamento destes problemas por meio de atividades dinâmicas, buscando a interação entre o conhecimento empírico e o científico, bem como uma possível visualização da física como disciplina prazerosa por meio de ferramentas e metodologias diferenciadas como forma de estimular o interesse dos alunos na ampliação da aprendizagem e que faça parte real da vivência da sociedade, ajudando e facilitando no cotidiano das pessoas através de ações simples aplicadas para melhorias de qualidade de vida.

Diante dos aspectos apontados, Silva (2015, p. 18) apresenta-se os seguintes problemas de pesquisa: De que maneira o professor da disciplina de física pode promover trabalhos e

pesquisas em grupo com alunos do Ensino Fundamental II, estabelecendo relações entre os conceitos físicos e a sua aplicação? Quais as metodologias e ferramentas a serem utilizadas pelos professores para o ensino da física por meio da prática de experimentação? Com isso, o autor defende que,

> "O trabalho em grupo é uma estratégia que retém o interesse e gera um estímulo para a aprendizagem mediante a observação, análise, exploração, planejamento e o levantamento de hipóteses que possibilitam aos alunos desenvolver suas habilidades, tornando-a mais significativa pelo estabelecimento de vínculos entre conceitos físicos e fenômenos naturais vivenciados" (SILVA, 2015. p. 19).

Não obstante, a física como ciência que estuda a natureza, tem na experimentação um forte aliado na busca por desvelar esta natureza. A humanidade sempre se preocupou em entender a natureza e seus fenômenos, mediante a fundamentação de inúmeros conhecimentos. Reforçando as palavras de Silva (2015), Higa e Oliveira (2012), comentam que, neste processo, a experimentação sempre esteve presente como coadjuvante no processo evolutivo da física, mostrando ao longo da história o seu status de ciência da experiência.

Para Seré (2003) atualmente, a física costuma ser dividida em dois ramos: a Física Teórica e a Física Experimental. Segundo o autor,

> A Física Teórica consiste, basicamente, em considerar determinado fenômeno e analisá-lo, descobrir como ele funciona com base em conceitos físicos e ferramentas matemáticas, permitindo o planejamento, elaboração e teste de teorias e enunciados de forma abstrata, que posteriormente serão testadas na prática. A Física Experimental apresenta as práticas concretas das situações do dia a dia, resultantes da experimentação ou sugeridas pelos físicos teóricos por meio do planejamento e execução de estruturas. Os resultados dessa pesquisa geram novas tecnologias aplicadas em várias áreas do conhecimento.

No caso da experimentação, Silva (2015) defende que esta parte se torna um aliado indispensável no processo de aprendizado da física. Acrescenta ainda que, no contexto educacional, o uso de experimentos no ensino da física torna-se essenciais, considerando que, a análise do papel das atividades experimentais desenvolvidas nas últimas décadas revela que há uma contribuição significativa dessa estratégia para o ensino de ciências naturais.

O ensino de Ciências que engloba a Física experimental no Ensino Fundamental II, segundo o autor Silva (2015) deve ter além de outras atribuições, a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais, situando e dimensionando a interação do ser humano com a natureza como parte da própria natureza em transformação. Para tanto,

> [...] é essencial que o conhecimento físico seja explicitado como um processo histórico, objeto de contínua transformação e associado às outras formas de expressão e produção humanas. É necessário também que essa cultura em Física inclua a compreensão do conjunto de equipamentos e procedimentos, técnicos ou tecnológicos, do cotidiano doméstico, social e profissional (BRASIL, 1999, p. 22).

Para os discentes do ensino fundamental II e do ensino médio, a física se apresenta como um conjunto de equações destinadas a resolver problemas e aplicar provas de conhecimento. Piorando a situação, a maior parte não consegue entender e manipular as equações, gerando assim um sentimento de frustação e incompetência. Para Alves e Stachaka (2005) tornar o ensino de física atraente e motivador não é uma tarefa fácil, principalmente quando as aulas são ministradas de forma tradicional, cujos objetivos são a memorização de fórmulas, regras e leis desconectadas do cotidiano dos alunos.

No que diz respeito ao ensino tradicional e na transferência de conhecimento, o discente apresenta uma conduta inativa, sendo apenas um observador e neutro, fazendo valer a teoria de Paulo Freire sobre educação bancária, onde o aluno é apenas um receptor de informações depositadas pelo docente.

Segundo Guimarães (2007), para o ensino de ciências a metodologia eficaz não é unicamente a experimentação com viés científico, ou a experimentação com viés educativo, mas aquela experimentação capaz de contemplar as diferentes aprendizagens dentro de uma sala de aula. A metodologia para o ensino de ciências não pode ser única nem estagnada, mas deve estar sempre buscando uma excelência no ensino. A respeito dessas metodologias Folmer (2007, p. 2), diz que:

> [...] o sistema de ensino deveria alterar sua metodologia, abandonando a prática pura e simples da memorização do conhecimento em favor da compreensão do processo científico, visando privilegiar a capacidade de atualização e auto aprendizado do indivíduo.

Como descrito, um dos problemas do ensino de ciências e de física na educação básica está relacionado ao fato de ser ministrada basicamente por meios tradicionais, baseando-se na transmissão de inúmeros conteúdos, levando o aprendiz a uma postura passiva, na função de receber e absorver uma numerosa quantidade de informações apresentadas pelo professor. Essa mesma metodologia restringe-se a aulas repetitivas, cansativas, desgastantes e sem interesse do aluno em aprender, fazendo-se, portanto necessário repensar as práticas pedagógicas, onde os discentes sejam estimulados ao desenvolvimento de um espírito autônomo. Para isso, o professor necessita, de acordo com Jófili (2002, p. 196):

> [...] assegurar um ambiente dentro do qual os alunos possam reconhecer e refletir sobre suas próprias ideias; aceitando que as outras pessoas expressem pontos de vistas diferentes dos seus, contudo igualmente válidos e possam avaliar a utilidade dessas ideias em comparação com as teorias apresentadas pelo professor.

Neste contexto, as atividades experimentais podem ser vistas como potencialmente significativas relacionando a teoria com a prática. Para Alves (2005), com a utilização dessa ferramenta, o professor terá maior possibilidade de conseguir despertar o interesse e a atenção do seu público, ao fenômeno e à explanação, minimizando assim, as dificuldades enfrentadas no processo de ensino e aprendizagem da Física.

Segundo Araújo e Abib (2003) a utilização de atividades experimentais como estratégia de ensino tem sido apontada por docentes e estudantes como uma das maneiras mais frutíferas de minimizar as dificuldades de aprender e de ensinar ciências e física, de modo significativo e consistente, pelas razões de que tais atividades possibilitam situações reais, provocando a elaboração e construção pessoal dos conceitos ministrados.

Pensar na experimentação como uma metodologia é uma possibilidade para que ocorra aprendizagem significativa. Portanto, o professor deve ser um articulador desse processo, propondo discussões e reflexões que possam contribuir com a construção do conhecimento relevante e de caráter duradouro.

Outro problema apresentado pelas escolas da educação básica diz respeito ao fato da maioria das instituições públicas e privadas de ensino não possuírem laboratórios e equipamentos para realização de aulas experimentais. A esse respeito Castro (2017), aponta dados quantitativos da incidência de laboratórios nas escolas brasileiras:

> [...] cerca de 27 milhões de estudantes – o equivalente a 70% dos alunos do ensino básico – estudam em escolas públicas e privadas desprovidas de laboratórios de ciências. Dados do último Censo Escolar do Ministério da Educação mostram que 57,4% dos alunos matriculados no ensino médio estudam em escolas com laboratório de ciências (51,3% das escolas); no ensino fundamental, 25,2% das escolas atendem a 33,4% do total de alunos com esse equipamento. Nos anos iniciais, são 15,7% das escolas com laboratórios]. (CASTRO, F. 2017.)

É nessa circunstância que os docentes de física são desafiados a inovar e ter criatividade, pois, diante da insuficiência dos equipamentos para o desenvolvimento do ensino, duas situações podem se dá: ou o professor se acomoda à realidade das carências estruturais das escolas, ou busca implementar inovações para o ensino das disciplinas, construindo estratégias para fugir da ideia de que é preciso de um laboratório de ciências equipado para se realizar ciência.

Neste trabalho experimentamos a segunda circunstância, abrindo leques para que o ensino seja facilitado e o conteúdo melhor assimilado pelos alunos, realizando atividades experimentais dentro da própria sala de aula com materiais alternativos de baixo custo, sem que haja a necessidade de laboratórios sofisticados.

As teorias de aprendizagens significativa de Ausubel e a Teoria do Sóciointeracionismo de Vygotsky foram os alicerces para a realização deste trabalho, além de serem extremamente importante e relevantes na consolidação da Aprendizagem.

1.2 Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel

Uma preocupação sempre presente na área da Psicologia Educacional, está relacionada com a compreensão do processo de aprendizagem do aluno, num contexto formal do ensino. Nessa perspectiva, o ensino das ciências recorre a essa área de conhecimento para fundamentar teoricamente concepções e práticas de ensino-aprendizagem em sala de aula, uma vez que existe uma variedade de teorias de aprendizagem que tem por finalidade ajudar aos docentes no processo de ensino e aquisição dos conhecimentos pelos discentes. Essas teorias direcionam aos professores sobre quais decisões devem ser tomadas no âmbito escolar, afim de alcançar os melhores resultados nas aplicações dos conteúdos lecionados. Para Vincenzi (2007), as teorias de aprendizagem são os estudos que procuram investigar, sistematizar e propor soluções relacionadas ao campo da aprendizagem do conhecimento humano. Segundo Bigge (1977, p. 3) as teorias de aprendizagem surgiram possivelmente, porque "o homem não só quis aprender como também, frequentemente, sua curiosidade o impeliu a tentar aprender como se aprende". Fundamentam as teorias de aprendizagem, três filosofias subjacentes: a *comportamentalista* (behaviorismo), a *humanista* e a *cognitivista* (construtivismo).

Estas teorias sofreram mudanças ao longo dos anos no mundo inteiro. Assim, ultimamente, a teoria construtivista, de autores como Piaget, Ausubel e Vygotsky têm-se difundido e se consolidado nas escolas, pois sua diferenciação pedagógica em relação a outras teorias, está no fato de tirar o foco principal do professor e ter como alvo primordial na educação, o aluno quem deve participar ativamente no processo de aprendizagem. Na teoria de aprendizagem podemos observar três modalidades gerais: cognitiva, afetiva e psicomotora. A aprendizagem significativa de Ausubel envolve a interação da nova informação com uma estrutura de conhecimento específica, a qual define como subsunçor (estrutura cognitiva existente, responsável por novas aprendizagens). Essa aprendizagem ocorre quando uma nova ideia se relaciona aos conhecimentos prévios, em uma situação relevante para o estudante, proposta pelo professor. Nesse processo, o estudante amplia e atualiza a informação anterior que tinha, atribuindo novo significado a seus conhecimentos.

A teoria de aprendizagem Ausubel se preocupa da forma como ocorre a construção do aprender e por isso é definida como uma teoria construtivista. Isso se dá, conforme Valadares (2011, p. 53) "porque essa teoria defende que o conhecimento é um processo construtivo e valoriza, portanto, muito o papel da estrutura cognitiva prévia de quem aprende".

Ausubel, Novak e Hanesian (1980, p. 34), ressaltam que a aprendizagem significativa "ocorre quando a tarefa de aprendizagem implica em relacionar, de forma não arbitrária e substantiva (não literal), uma nova informação a outras com as quais o aluno já esteja familiarizado. Os autores completam:

> A essência do processo de aprendizagem significativa é que as ideias expressas simbolicamente são relacionadas às informações previamente adquiridas pelo aluno através de uma relação não arbitrária e substantiva (não literal). Uma relação não arbitrária e substantiva significa que as ideias são relacionadas a algum aspecto relevante existente na estrutura cognitiva do aluno, como, por exemplo, uma imagem, um símbolo, um conceito ou uma preposição. (AUSUBEL, NOVAK e HANESIAN 1980, p. 34)

O sentido substancial das coisas, colhido ao longo do processo de aprendizagem, no jogo entre as ideias e as informações, levam os alunos a fixação de conceitos. Esse jogo, leva em conta aquilo que tem sentido para o aluno. Ele encontra relevância não no conjunto de dados a ele apresentado, mas apenas naqueles que denotam importância e sentido. Por isso, Ausubel (1973) aponta que o professor deve identificar um conteúdo relevante na estrutura cognitiva do estudante (organização, estabilidade e clareza de conhecimento em um determinado assunto), e fazer uso desse conteúdo para o desenvolvimento da aprendizagem do novo material (*subsunçor*). É mediante esse apontamento que, trabalhamos nessa teoria, pois nosso objetivo foi partir do conteúdo que o educando já possui e aprimora-lo com novos aprendizados. Desta forma, os "subsunçores" executam uma função de pontes cognitivas, usadas para estabelecer relações e atribuir significado ao novo conhecimento. Ou seja, ao se ver diante do novo conhecimento, o aluno localiza em suas estruturas cognitivas algum conhecimento que possa ligar a um novo, atribuindo sentido a esse novo conhecimento. Nesse contexto, Ausubel considera que a maior preponderância no processo ensino aprendizagem é considerar o que o aluno já sabe previamente. Esse é o ponto chave da teoria abordada

Moreira (2011) ressalta que na preparação da aula, o professor tem o dever de buscar os pontos de ancoragem entre o que o aluno já sabe do assunto a tratar e saber o que se quer ensinar. Os estudantes, por outro lado, têm o dever de manifestar disposição para realizar esse processo.

Uma das formas que o professor utiliza para poder sondar os conhecimentos prévios ou "subsunçores" que os alunos têm de um determinado assunto é através da aplicação de

questionários específicos. Existem outros métodos de sondagem como os mapas conceituais, avaliação de conteúdo, etc. Neste trabalho adotamos os questionários, pois são alunos do ensino fundamental II, que estão tendo os primeiros contatos com a disciplina, e teriam bastante dificuldades em responder a outras formas de sondagem, assim, utilizaremos dois questionários, denominados por pré-teste e pós-teste.

Como supracitado, o primordial na referida teoria é partir do que os alunos já sabem, dos conhecimentos em suas estruturas cognitivas, ou seja, dos conhecimentos adquiridos no dia a dia, que mesmo não sendo científicos, são imprescindíveis. Com a aplicação do pré-teste, pretendemos detectar o grau de conhecimentos dos alunos sobre esse assunto e também para planejar as aulas posteriores em cima das respostas dadas, são expostas questões abertas e fechadas de situações cotidianas. Após o término das aulas práticas e expositivas, foi aplicado outro questionário, o pós-teste, esse tinha como finalidade analisar os resultados dos alunos e fazer a comparação de dados entre ambas aplicações, afim de comprovar se houve Aprendizagem Significativa.

1.3 Teoria Sociointeracionista de Lev Vygotsky

Na teoria de Vygotsky, o desenvolvimento cognitivo de qualquer aluno se dá por meio da interação social com outros indivíduos e com o meio na qual ele se encontra. A aprendizagem do aluno é uma experiência social na qual está inserido, a qual é mediada pela interação entre a linguagem e a ação Resende (2009). A linguagem não é apenas uma expressão do conhecimento adquirido pelo aluno, mas procura analisar a relação entre pensamento e linguagem. Por isso, sua teoria ganhou o nome de socioconstrutivismo, sendo também denominada sociointeracionismo. Nesta teoria prevalece a socialização do conhecimento devido à interação entre os alunos e o meio na qual convivem.

Diferentes autores como Gehlen, Schroeder e Delizoicov (2007), Gehlen, Machado e Auth (2009) e Freitas (2004) evidenciam um crescimento no número de trabalhos em eventos no Brasil que utilizam como referência os pressupostos de Vygotsky na Educação e Ensino de Ciências.

Desde o princípio da vida, o desenvolvimento humano dá-se pela interação com o meio em que está inserido. Enquanto se desenvolve em contatos com o mundo, pessoas e objetos, o indivíduo adquire um leque de estímulos que proporcionam seu desenvolvimento físico, emocional e cognitivo. Um dos meios que têm papel central na aprendizagem e

desenvolvimento humano é o escolar. É na escola que os alunos têm acesso ao conhecimento e informação cientifica.

O ponto crucial da teoria de Vygotsky é a interação social. Sua atenção e interesse se voltam para a interação entre o indivíduo e o ambiente no qual se processam as funções mentais superiores tais como: memória, raciocínio, capacidade de solucionar problemas e consciência.

A teoria Vygotskyana considera que o desenvolvimento cognitivo só acontecerá caso esteja interligado ao contexto social, histórico e cultural. Vygotsky defende que todos os processos inerentes ao desenvolvimento cognitivo são sociais e exclusivos do ser humano. Entenda-se, portanto, aqui que não é o meio social por si só, considerado de forma totalmente isolada, o fator essencial no desenvolvimento cognitivo, mas que é necessário haver a conversão de relações sociais em funções mentais. Para Driscoll (1995), o indivíduo não se torna capaz de socializar-se através do desenvolvimento cognitivo, mas é na socialização que se dá o desenvolvimento dos processos mentais superiores (DRISCOLL, 1995 apud MOREIRA, 1999).

Nessa teoria o papel do educador é um agente mediador que propõe desafios aos seus educandos e ajuda a resolvê-los, realizando com eles ou proporcionando atividades em grupo. Neste trabalho, o pesquisador/professor atua como facilitador e suporte, onde os alunos são colocados como os principais protagonistas para construir seus próprios conhecimentos. Por exemplo, na realização das práticas de Termologia em sala de aula, os alunos eram incentivados a propor hipóteses sobre uma certa situação problema numa tentativa de poder resolvê-las. A realização dessa atividade experimental em grupos tinha como objetivo testar as habilidades dos alunos de propor hipóteses, o que os deixavam bem animados e engajados.

Observando a realidade, as escolas precisam constituir um espaço apropriado que permita a troca dos educandos em níveis diferentes de desenvolvimento, tendo como mediador o professor. Na perspectiva do sóciointeracionismo, as atividades de sala de aula devem ser desenvolvidas em grupo permitindo que aqueles que estão mais adiantados no nível de conhecimento possam cooperar com os demais, através de suas experiências adquiridas ou conhecimentos já apresentados em sua estrutura cognitiva. Além do mais, a prática de atividades no coletivo favorece a solução dos problemas também no coletivo, transformando as diferenças individuais em secundárias ou praticamente imperceptíveis porque, "o coletivo é recuperado como espaço de construção e apropriação do conhecimento" (Esteban, 1992, p. 83).

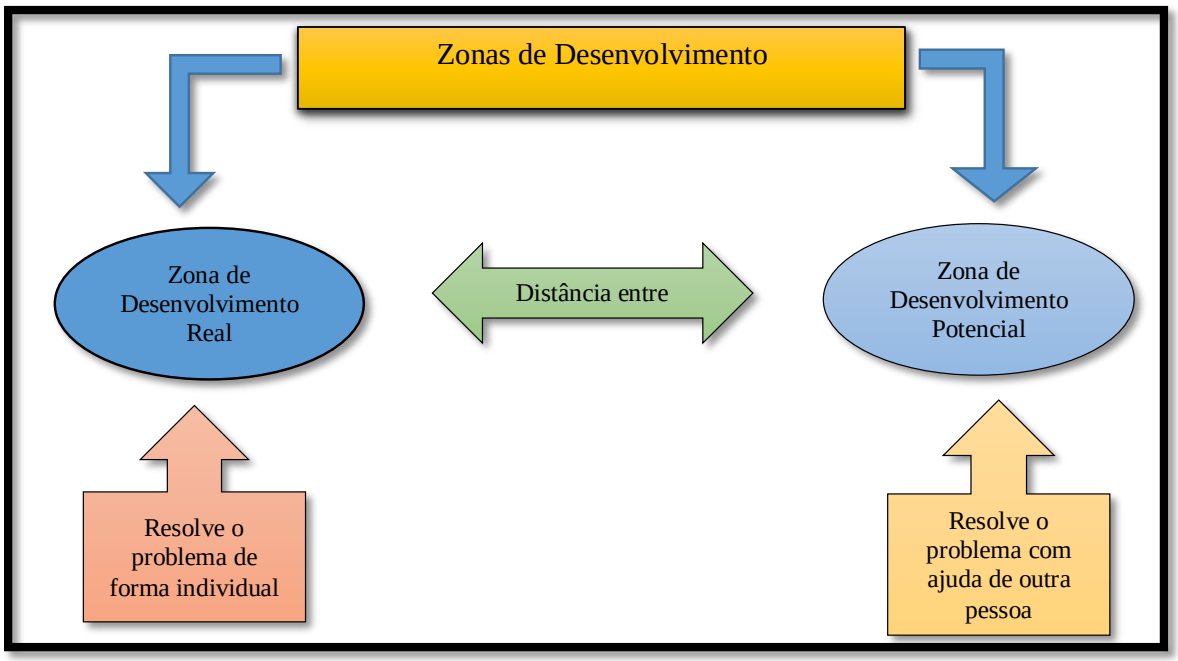
A aprendizagem na perspectiva vygotskyana está integralmente relacionada com o desenvolvimento pleno do ser humano. Logo, a partir da mediação entre os membros de um

mesmo grupo, o aprendizado se concretiza e possibilita o processo de desenvolvimento. Assim, todas as funções superiores originam-se, segundo Vygotsky, (1998, p. 75), das relações reais entre indivíduos.

Vygotsky identifica dois níveis de desenvolvimento: o real e o proximal/potencial. No nível real o aluno é capaz de realizar suas atividades sozinho. Essa fase é marcada por apresentar um desenvolvimento sólido. No segundo nível o aluno é dependente do auxílio de outras pessoas para resolver os problemas, logo sozinha é incapaz.

Desta forma, a zona de desenvolvimento proximal (ZDP) é "a distância entre o nível de desenvolvimento real, determinado pela capacidade de resolver tarefas de forma independente, e o nível de desenvolvimento potencial, determinado por desempenhos possíveis, com ajuda de colegas mais avançados" (Oliveira 1998, p. 35). Para identificarmos quais alunos são mais avançados em relação aos outros, observamos os resultados do questionário aplicado no primeiro encontro, o pré-teste, só então após essa avaliação formamos os grupos com alunos em níveis intelectuais diferentes a fim de interagirem por meio do interacionismo e através dessa interação espera-se que todos alcancem o mesmo nível de conhecimento. Na figura 1 mostramos a relação entre as duas zonas de desenvolvimento.

Figura 1: Zonas de desenvolvimento



Fonte: próprio autor.

A aprendizagem através do sóciointeracionismo é o ponto chave da abordagem teórica Vygotskyana, se tornando extremamente importante para nosso trabalho, pois como

mencionado, o conhecimento deve ser construído no decorrer da vida escolar, e o meio social tem papel fundamental na formação cognitiva do aluno.

Quando o indivíduo consegue desenvolver um pensamento mais profundo sobre um determinado assunto, podemos dizer que de fato ocorreu uma aprendizagem do assunto pelo aluno, e esse conhecimento se torna mais propício de ser adquirido quando está sendo compartilhado com outras pessoas. Há uma interação e troca de conhecimentos entre aluno – aluno e aluno – professor, durante todo o processo de aplicação das experiências propostas neste trabalho e almeja-se que toda essa interação possibilite o máximo de aprendizagem possível.

CAPÍTULO 2

ABORDAGEM FÍSICA

Esse tópico faz referência ao embasamento teórico do trabalho, referente a área da Termologia que será trabalhada com os alunos. Vale lembrar que o trabalho apresenta dois níveis de abordagem, um a nível superior e o outro a básico. Porém, o nível que foi abordado na pesquisa é o básico.

Geralmente, as pessoas leigas acostumam relacionar mudanças ambientais no verão com dias quentes e dias no inverno como sendo frias. Essas pessoas apenas se baseiam na sensação térmica corporal que sentem para indicar o que é quente e o que é frio. Elas não usam algum instrumento para aferir valores numéricos desse tipo de sensação. Após muitas observações e estudos foi possível associar ao grau de quente ou frio como temperatura.

2.1. Temperatura

O conceito de temperatura tem origem nas ideias qualitativas baseadas em nosso sentido de tato. Um corpo que parece estar "quente" normalmente está em uma temperatura mais elevada que um corpo análogo que parece estar "frio". Entretanto, o tato é muito impreciso e não confiável para avaliar temperatura de um corpo, pois depende do observador que avalia e das condições térmicas ambientais em que esse observador se encontrava. Por exemplo, uma pessoa que estava com as mãos muito geladas, ao tocar um corpo morno, tem a impressão de que esse corpo está a uma temperatura mais elevada do que ele realmente está.

Para Çengel e Ghajar (2012, p. 19) "temperatura é uma medida da energia cinética das partículas como moléculas ou átomos de uma substância, logo quanto mais rápido for o movimento, maior será a temperatura apresentada pelo corpo".

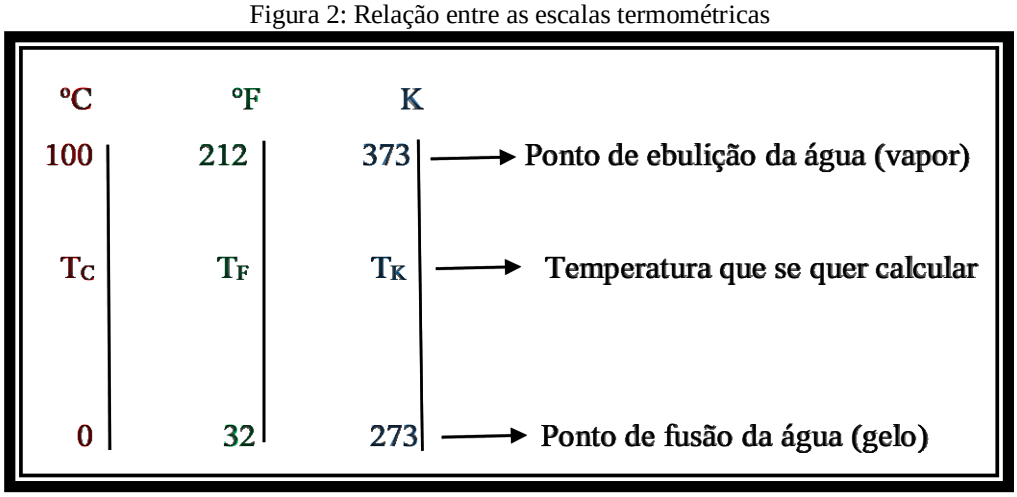
Na física a temperatura é definida como uma grandeza que caracteriza o estado térmico de um corpo ou sistema. Fisicamente o conceito que é usado de quente e frio é um pouco diferente do que costumamos usar no dia a dia. Por exemplo, o termo quente acontece quando um corpo tem suas moléculas com agitação muito rápida, ou seja, com alta energia cinética. E quando o corpo está frio o grau de agitação das moléculas é mais lenta. Então a temperatura de um corpo é a medida em graus de agitação das moléculas com certa velocidade no seu interior. Essa agitação térmica produz um movimento translacional, rotacional e vibracional dos átomos

e moléculas que formam parte de um corpo em alta temperatura. Se temos dois corpos com temperaturas iguais estão eles estão em equilíbrio térmico.

Para medir o grau de agitação dos átomos ou moléculas de um corpo usamos um instrumento, o termômetro que é calibrado com uma escala padrão determinada. A temperatura de qualquer corpo pode ser medida com esse aparelho devido à troca de energia entre esse aparelho e o corpo. Neste caso, o grau de agitação dos átomos ou moléculas de um corpo dilata o liquido (mercúrio) embutido no interior do termômetro fabricado em vidro e pela leitura da altura graduada deste liquido podemos saber a temperatura atingida pelo corpo.

Existem vários tipos desses termômetros, porém, o funcionamento dos aparelhos é basicamente o mesmo. Desta forma, para medir a temperatura de um corpo é necessário colocar o termômetro em contato com esse corpo. Para obter valores do grau de agitação com a temperatura foi realizada uma experiência na qual foi escolhida água. A temperatura ambiente, a água é liquida e a agitação térmica de suas moléculas terá um valor baixo na escala do termômetro, quando ela atinge uma elevada temperatura o valor da escala é maior e o liquido vai se transformando em vapor. Quando esfriamos água ela se transforma em gelo então a escala no termômetro atinge um valor menor. Essas observações da mudança física da água que muda de liquido para vapor ou para gás foi escolhida para estabelecer escalas de temperatura. Quando a água é solida (gelo) a temperatura é 0º e quando se torna líquido quente saindo vapor o valor é 100º (100 divisões na escala). Baseada nesta observação poderíamos montar um sistema de escalas: Celsius (ºC), Fahrenheit (ºF) e Kelvin (K). A relação entre essas escalas foi realizada de acordo como relatado na teoria e pode ser visualizada na figura 2.

Figura 2: Relação entre as escalas termométricas



Fonte: próprio autor.

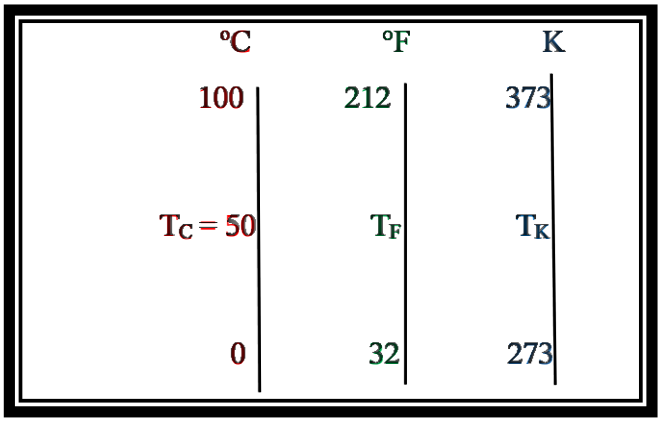
Sabendo o valor da temperatura de um corpo em uma escala determinada, podemos obter o correspondente valor em outra escala, estabelecendo a seguinte relação da figura 2.

$$\frac{T_C - 0}{100 - 0} = \frac{T_F - 32}{212 - 32} = \frac{T_K - 273}{373 - 273} \quad (1)$$

$$\frac{T_C}{5} = \frac{T_F - 32}{9} = \frac{T_K - 273}{5} \quad (2)$$

Exemplo: Aquecemos uma certa quantidade de água num recipiente e medimos sua temperatura de 50 ºC com um termômetro, queremos saber a temperatura dessa mesma quantidade nas escalas Fahrenheit (ºF) e Kelvin (K).

Resposta: Usando as escalas da figura 2



Usando a equação 2 no caso da escala Fahrenheit (ºF), temos:

$$\frac{50}{5} = \frac{T_F - 32}{9}$$

$$T_F = 122°F$$

Para a escala Kelvin (K) usamos a expressão

$$\frac{50}{5} = \frac{T_K - 273}{5}$$

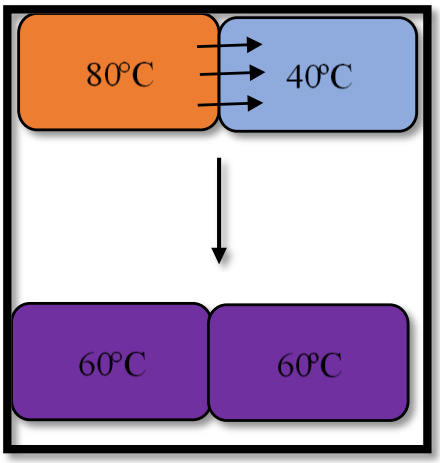
$$T_K = 323K$$

2.2. Equilíbrio Térmico

Macroscopicamente, dois corpos estarão em equilíbrio térmico, de acordo com Young e Freedman (2016, p. 200), “se e somente se eles possuírem a mesma temperatura”. A figura 3 exemplifica a definição. Nessa figura os corpos se encontram a temperaturas diferentes de 40ºC

e 80ºC, quando colocados em contato o corpo mais quente transmite sua energia para o corpo mais frio, a temperatura entra em equilíbrio térmico a 60ºC.

Figura 3 - Equilíbrio térmico entre dois corpos.



Fonte: próprio autor.

Um exemplo é descrito por Young e Freedman (2016, p. 199):

> Se você deseja saber a temperatura do café quente em uma xícara, coloca o bulbo do termômetro no café; quando ele interage com o líquido, o termômetro se aquece e o café esfria ligeiramente. Quando o estado estacionário é atingido, você pode ler a temperatura. Dizemos que o sistema atingiu o *equilíbrio*, um estado em que a interação entre o termômetro e o café faz com que não exista mais nenhuma variação de temperatura no sistema. Chamamos esse estado de **equilíbrio térmico.** Young e Freedman (2016, p. 199)

2.3. Calor

Na definição mais simples o calor é a energia térmica em trânsito de um corpo para outro devido a diferença de temperatura existente entre eles (fig. 4), que pode ser relacionado por:

$$Q \sim \Delta T \tag{3}$$

Na qual $\Delta T = Tf - Ti$, para ter a equação do calor teremos que levar em conta a quantidade de calor que é necessário fornecer ou retirar do corpo, o chamado calor especifico (c), a massa do corpo (m) e a variação de temperatura $(\Delta T = Tf - Ti)$, então a relação mais precisa pode ser expressa por:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \tag{4}$$

A equação anterior também é conhecida como, equação fundamental da calorimetria. A unidade de calor é o Joule (J), mas, uma unidade definida antigamente ainda prevalece é a

caloria (cal). Uma caloria (cal) é a quantidade de calor que deve ser fornecida a uma grama de água, para elevar sua temperatura de 1ºC.

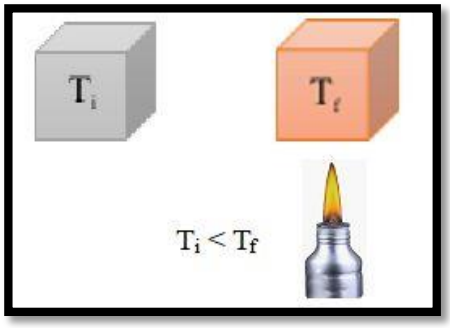
$$1 \text{ cal} = 4{,}18\text{J}$$

2.3.1 Calor específico (capacidade térmica mássica)

Calor específico (ou calor sensível, ou capacidade térmica mássica) é a quantidade de calor, por unidade de massa, que é necessário fornecer ou retirar de um certo corpo, sob uma certa pressão, para que ocorra uma variação de um grau em sua temperatura. Calor específico da água

$$c_a = 1\ cal/g\ ^oC = 4{,}18\ J/\ g\ ^oC$$

Figura 4: um corpo de massa "m" em duas temperaturas (T_i) inicial e aquecida a outra temperatura (T_f).



Fonte: próprio autor.

Antigamente havia várias interpretações do calor por exemplo, Francis Bacon (1561-1626) fez em 1620 uma longa discussão sobre a natureza do calor, na qual enfatiza as suas diversas manifestações e sua aparência contraditória. Pelo fato de calor poder ser obtido dos raios solares, Bacon exclui a possibilidade de ele ser algo elementar, ou terrestre, seja lá o que for que se entenda com essa afirmativa. Em 1704, Isaac Newton afirmou que "o calor consiste em um minúsculo movimento de vibração das partículas dos corpos". Ideias similares foram defendidas pelo importante contemporâneo e rival de Newton, Robert Hooke (1635-1703).

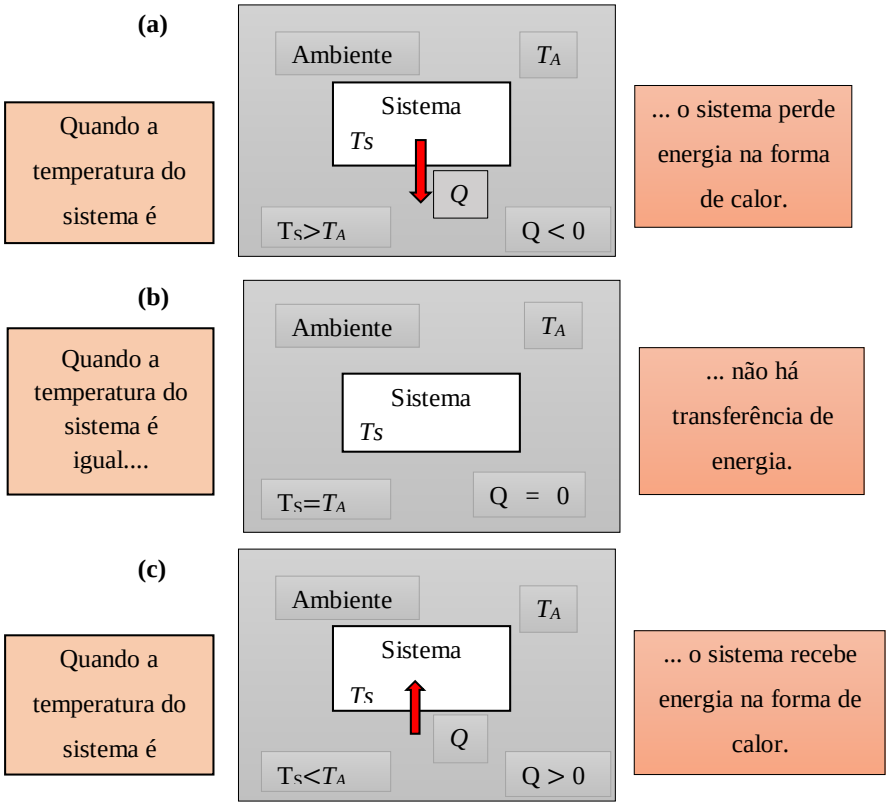
Também se pensou que o calor fosse uma forma de substância sutil e imponderável, proposta por Georg Ernst Stahl (1660-1734) e denominada flogístico. Mas, em uma obra póstuma (1798), o grande químico Lavoisier (1734-1798) inclui entre os elementos químicos o calor e a luz e dá o nome de *calórico* ao elemento associado ao calor. Lavoisier, uma vez negava a possibilidade de transmutação dos elementos e, por outro lado advogava a conservação das coisas (uma frase célebre de sua autoria é "Na Natureza nada se cria, nada se perde, tudo se transforma".), postulou a lei da conservação do calor. Assim, o calórico estaria sujeito a uma conservação, isto é, a sua quantidade seria constante em um dado processo. O aquecimento gerado pelo atrito (conhecido desde a Pré-História e era usado para se produzir o fogo) era entendido como resultante da migração do calórico para a superfície dos corpos friccionados.

Entretanto, nos anos de 1790, Benjamin Thompson (1753-1814), com base na observação que o calor que se pode gerar pelo atrito parece ser de fato inexaurível, conclui que o calor não pode ser um dos elementos nem qualquer substância. Suas observações envolveram o calor gerado pela perfuração de canhões de bronze, que ele estava supervisionado em Munique.

Ao analisarmos a troca de calor entre um sistema e o ambiente, teremos que o calor (Q) é *positivo* se a energia é transferida do ambiente para a energia térmica do sistema (dizemos que o calor é absorvido pelo sistema). O calor é *negativo* se a energia é transferida da energia térmica do sistema para o ambiente (dizemos que o calor é perdido ou cedido pelo sistema). Essa transferência de energia é ilustrada na figura 5.

O termo *calor* e as expressões associadas, como *fluxo de calor, calor recebido, calor rejeitado, calor absorvido, ganho de calor, perda de calor, calor armazenado, geração de calor, aquecimento elétrico, calor latente, calor corpóreo e fontes de calor,* são comumente utilizados, e a tentativa de substituir a palavra *calor* nessas expressões por *energia térmica* teve apenas um limitado sucesso. Tais expressões estão enraizadas em nosso vocabulário e são utilizadas tantas por pessoas comuns quanto por cientistas, sem causar nenhum mal-entendido. Por exemplo, a expressão *calor corpóreo* (ou de um corpo) é entendida como a *energia térmica contida* no corpo.

Figura 5 - transferência de energia



Fonte: adaptado de Halliday (2012, p. 192).

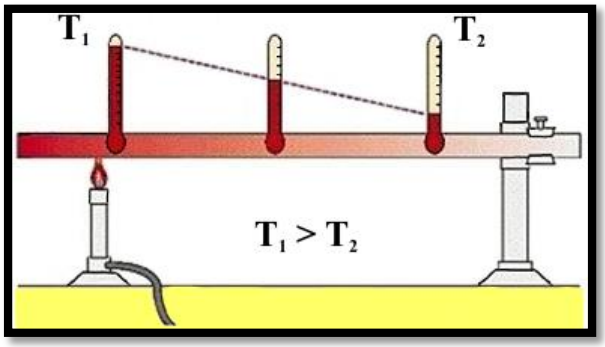
A partir da figura 5, conclui-se que se a temperatura de um sistema é maior que a temperatura ambiente, como em (a), uma certa quantidade Q de calor é perdida pelo sistema para o ambiente para que o equilíbrio térmico (b) seja restabelecido. (c) se a temperatura do sistema é menor que a temperatura ambiente, uma certa quantidade de calor é absorvida pelo sistema para que o equilíbrio térmico seja restabelecido.

Da mesma forma, a expressão *fluxo de calor* é entendida como a *transferência de energia térmica*, e não como o fluxo de uma substância do tipo fluido chamado *calor*, embora esta última interpretação incorreta, fundamentada na teoria do calórico, seja a origem da frase. O calor transferido para um sistema é frequentemente referido como *calor recebido*, e o transferido para fora do sistema é denominado *calor rejeitado.*

2.4. Transferência de calor por condução e condutividade

Quando uma barra metálica é aquecida a uma temperatura (T_1) a energia térmica na forma de calor (Q) se propaga ao longo da barra. Se colocamos termômetros em série ao longo da barra observamos uma diminuição da altura do liquido de mercúrio o que significa que a temperatura diminui com a distância até atingir uma temperatura menor T_2 visto no terceiro termômetro (Figura 6). Isto indica que as temperaturas diminuem ao longo da barra oriundo do aumento da distância da fonte.

Figura 6: propagação do calor ao longo de uma barra metálica



Fonte: de divulgação

Para formalizar o modelo físico que representa esta propagação consideramos uma placa metálica como na figura 7. A espessura dessa placa pode ser representada por $\Delta x = L$ e de área (A). O lado esquerdo da placa se encontra na temperatura T_1 (mais quente) e o lado direito na temperatura T_2 (menos quente), sendo $T_1 > T_2$. Para esta situação não será considerado perdas de calor para o meio externo. Se o calor se propaga, haverá um fluxo de calor durante um tempo t ($\Delta Q/\Delta t$), em que o calor flui do lado de maior temperatura para o lado de menor temperatura.

No caso estacionário na qual as temperaturas são mantidas constantes esse fluxo é a taxa com que o calor flui através da placa de espessura L e de área A (em J/s ou W), do lado de maior temperatura (T_1) para o de menor temperatura (T_2). O fluxo de calor que atravessa esse bloco é regida pela lei de Fourier

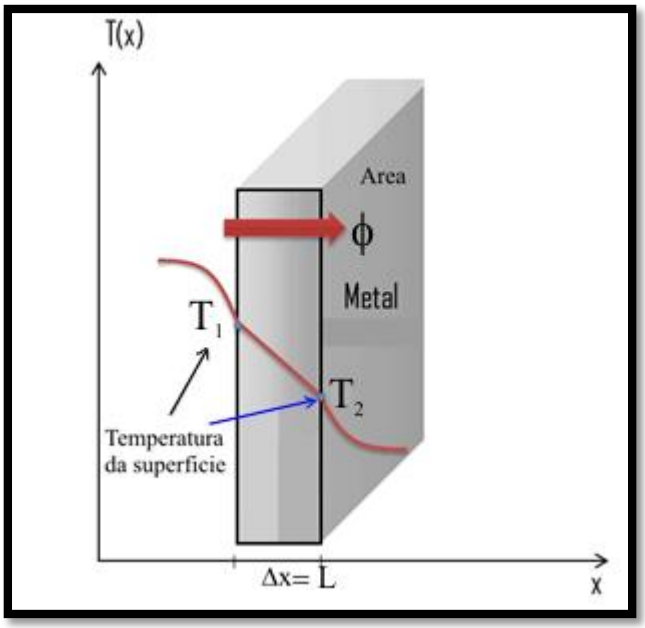
$$\phi = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = k \cdot A \cdot \frac{\Delta T}{\Delta x} \tag{5}$$

onde k é a condutividade térmica do material e ΔT/Δx é a variação da temperatura por unidade de comprimento. A unidade da condutividade é dada por $k = \frac{\mathrm{J/S}}{\mathrm{m.K}} = \frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m.K}}$

O fluxo ϕ, então é:

$$\phi = k \cdot A \cdot \frac{(T_1 - T_2)}{L} \tag{6}$$

Figura 7: condução de calor num metal de área (A) e espessura Δx=L



Fonte: divulgação

Diferentes materiais armazenam e conduzem o calor de modo distintos. Assim, a condutividade térmica de um material, é definida por Çengel e Ghajar (2012, p. 19) como "a taxa de transferência de calor por meio de uma unidade de comprimento de um material por unidade de área por unidade de diferença de temperatura". Um alto valor de condutividade indica que o material é bom condutor de calor, enquanto um valor baixo indica que o material é mau condutor de calor ou *isolante".* A Tabela 1, mostra as condutividades térmicas de alguns materiais mais comuns.

Tabela 1- Calor específico e condutividade térmica de alguns materiais.

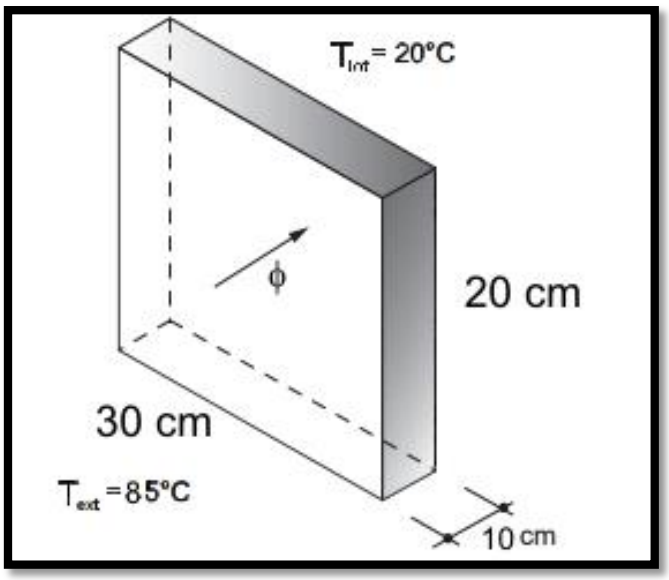
Material	Calor especifico cal/g.ºC	Condutividade (W/m. K)
Diamante	0,119	2300
Prata	0,056	429
Cobre	0,091	401
Ouro	0,032	317
Alumínio	0,22	237
Ferro	0,11	80,2
Vidro	0,16	0,78
Tijolo	0,22	0,72
Pele humana	0,84	0,37
Madeira	0,42	0,17
Borracha macia	0,48	0,13

Fonte: adaptado de Çengel e Ghajar (2012, p. 20).

Os metais que, conduzem bem a eletricidade, também são bons condutores de calor que não é coincidência, pois, como menciona Nussenzveig, (2002, p. 171), "segundo a lei de Wiedemann e Franz, a condutividade térmica de um metal é proporcional à sua condutividade elétrica".

Exemplo 1: Uma placa metálica de alumínio (figura 8) é colocada inicialmente na temperatura $T_{int} = 85ºC$, determinar o fluxo de calor nessa placa se a temperatura final é $T_{ext} = 20ºC$.

Figura 8: fluxo de calor numa placa metálica de alumínio



Resposta: Como o fluxo é dado pela equação 6

$$\phi = k \cdot A \cdot \frac{(T_1 - T_2)}{L}$$

A condutividade *k* do alumínio é 237 W/m.K. As temperaturas na escala Kelvin T_1 = 358 K e T_2 = 293 K, a área do retângulo é A= 0,3 m x 0,2 m = 0,06 m^2 e a espessura L= 0,1 m.

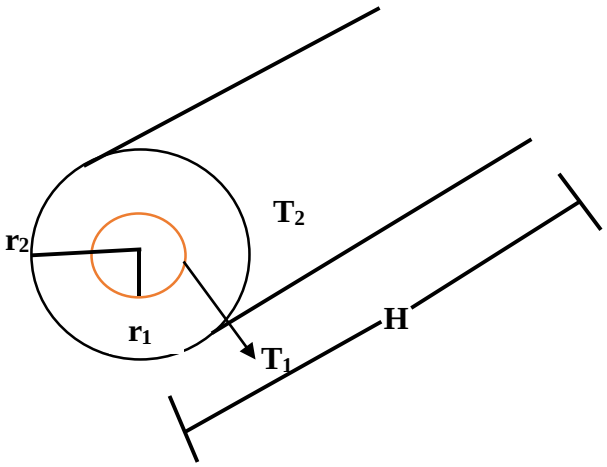
$$\phi = 237\ \frac{W}{m \cdot K} \cdot 0{,}006\ m^2 \cdot \frac{(358K - 293K)}{0{,}1m}$$

$$\phi = 924{,}3\ W$$

2.5. Transferência de calor por condução através de configurações cilíndricas

Analisaremos a transferência de calor por condução de calor através de configurações cilíndricas, pois, nosso experimento ocorreu por meio de latinhas de refrigerante, cujo formato é cilíndrico, desta forma, ao considerarmos um cilindro vazado submetido à uma diferença de temperatura entre a superfície interna e a superfície externa, como pode ser visto na figura 5. Se a temperatura da superfície interna for constante e igual a T_1, enquanto que a temperatura da superfície externa se mantém constante e igual a T_1, teremos uma transferência de calor por condução no regime permanente. Como exemplo analisaremos a transferência de calor em um tubo de comprimento L que conduz um fluído em alta temperatura (figura 9).

Figura 9: transferência de calor através de configurações cilíndricas



Fonte: próprio autor

Fluxo de calor (ΔQ) num intervalo de tempo (Δt) que atravessa a parede cilíndrica de raio interno r_1 na temperatura T_1 (mais quente) para a parte externa na temperatura T_2 de raio r_2 (menos quente) pode ser obtido através da lei de Fourier no estado estacionário:

$$\phi = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = k.A.\frac{\Delta T}{L} \tag{7}$$

Para configurações cilíndricas a área lateral $A = 2\,\pi r.H$, $\Delta T = T_2 - T_1$, $L = r_2 - r_1$

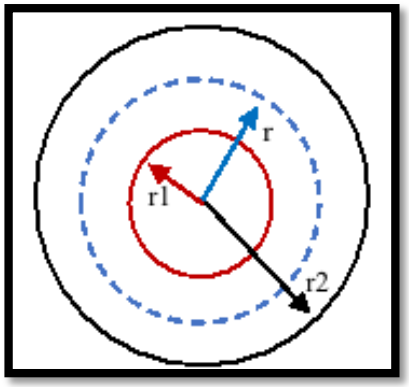
O fluxo de calor no caso estacionário pode ser expresso por:

$$\phi = k.2\,\pi\,r \cdot H.\frac{(T_1 - T_2)}{r_2 - r_1} \tag{8}$$

$$\phi = k.2\,\pi H.\left(\frac{r}{\boldsymbol{r_2 - r_1}}\right)(T_1 - T_2) \tag{9}$$

Esta equação pode ser reduzida supondo que a parte interna do cilindro tenha raio r_1 e esteja na temperatura T_1 e a parte externa da superfície de raio r_2 esteja na temperatura T_2, se a temperatura interna é maior que a externa haverá um fluxo de calor na forma radial. Se uma superfície cilíndrica com raio r seja imaginada entre a superfície interna e externa de tal forma que $r_1 < r < r_2$ (figura 10), então podemos fazer a seguinte aproximação: $\left(\frac{r}{\boldsymbol{r_2 - r_1}}\right) = \frac{1}{Ln(r_2/r_1)}$

Figura 10: cilindros concêntricos com, $r_1 < r < r_2$



Fonte: próprio autor.

Com essa aproximação a expressão da equação 9 para o fluxo de calor na forma radial pode ser expressa por:

$$\phi = k.2\,\pi H.\frac{(T_1 - T_2)}{Ln(r_2/r_1)} \tag{10}$$

Quando é necessário calcular o fluxo em um intervalo muito pequeno na forma radial para variações pequenas de temperatura é possível usar matemática mais avançada e neste caso haverá uma diminuição da temperatura com a distância:

$$\phi = -k.A.\frac{dT}{dr} \tag{11}$$

$$\phi = -k.2\,\pi r.H.\frac{dT}{dr} \tag{12}$$

Isolando o raio r e sua variação dr no lado esquerdo da equação 10, teremos:

O sinal negativo é devido a diminuição do calor com a propagação

$$\int_{r_1}^{r_2} \phi \cdot \frac{dr}{r} = -\int_{T_1}^{T_2} k.2\,.\pi.H.dT \tag{13}$$

$$\phi \cdot \int_{r_1}^{r_2} \frac{dr}{r} = -k.2.\pi.H.\int_{T_1}^{T_2} dT \tag{14}$$

$$\phi.\left(\ln r \Big|_{r_1}^{r_2}\right) = -k.2.\pi.H.\left(T\Big|_{T_1}^{T_2}\right) \tag{15}$$

$$\phi.[\ln r_2 - \ln r_1] = -k.2.\pi.H\,(T_2 - T_1) \tag{16}$$

Aplicando as propriedades dos logaritmos, obtemos:

$$\phi.\left[\ln\frac{r_2}{r_1}\right] = k.2.\pi.H\,(T_1 - T_2) \tag{17}$$

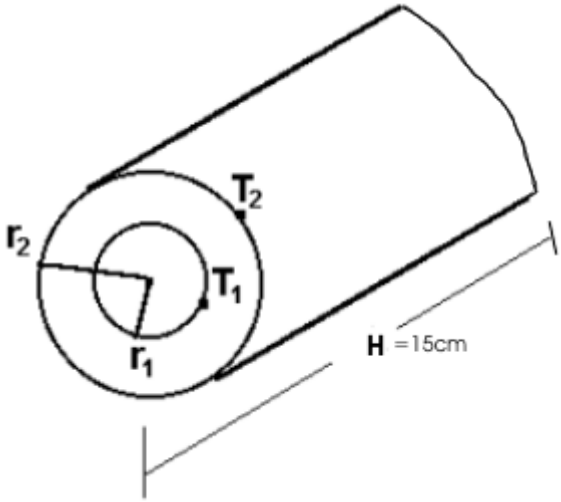
O fluxo de calor através de uma parede cilíndrica, será então:

$$\phi = \frac{k.2.\pi.H}{(\ln r_2/r_1)}\,(T_1 - T_2) \tag{18}$$

A equação 18 é semelhante à equação 10 na qual usamos uma aproximação para o cálculo do fluxo na geometria cilíndrica.

Exemplo 2: Um cilindro oco de alumínio é submetido a uma temperatura de 60 ºC na parte interna de raio 5,5 cm, após um pequeno tempo a temperatura na superfície externa do cilindro de raio 6 cm é 55 ºC. Calcular o fluxo de fluxo de calor nesse cilindro.

Resposta: Usando a equação 10 e a figura 9.



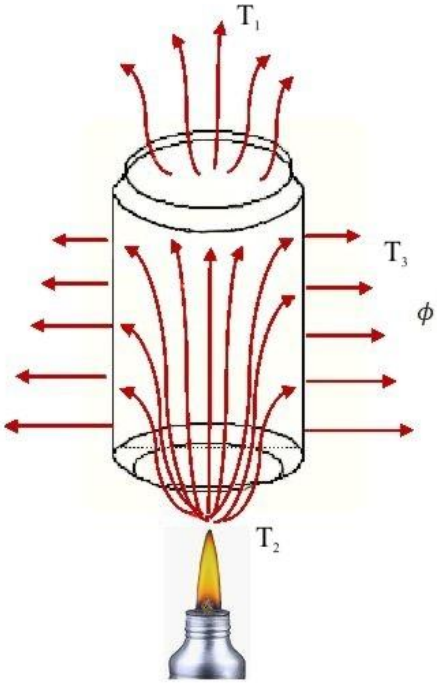
$Para\ T1 = 60 + 273 = 333\,K;\ T2 = 55 + 273 = 328\,K;\ r1 = 0{,}055\,m;\ r2 = 0{,}06\,m;\ H = 0{,}15\,m;\ e\ k = 237\,W/m.K$ (para o alumínio).

$$\phi = k.2\,\pi H.\frac{(T_1 - T_2)}{Ln(r_2/r_1)} = 237\mathrm{W/m.K} \cdot 2\pi \cdot 0{,}15\mathrm{m}\frac{(333-328)K}{Ln(0{,}06/0{,}055)}$$

O fluxo de calor será $\phi = 12.835{,}52\,W$.

A seguir mostramos como seria a propagação do calor (ϕ) no interior de uma latinha oca produzida por uma fonte pontual (vela) localizada no exterior da latinha (setas em vermelho). Observamos na figura 11 que no interior da latinha a propagação é realizada de uma maneira não homogênea com gradientes de temperatura diferentes nas paredes da latinha o que influencia o fluxo de calor que seria não uniforme. Nessa experiência foi acendida uma vela próxima da abertura inferior da latinha, esperamos por algum tempo até atingir a temperatura (T_1 = 38 ºC), após o tempo de 5 minutos o valor da temperatura na saída da latinha (T_2 = 30 ºC) próxima da temperatura ambiente de 28 ºC. Na lateral da latinha a temperatura foi diferente (T_3 = 32 ºC). Dependendo do ponto onde o termômetro é colocado o valor da temperatura é diferente pelo que o fluxo de calor seria não uniforme.

Figura 11. Distribuição de calor numa estrutura cilíndrica oca

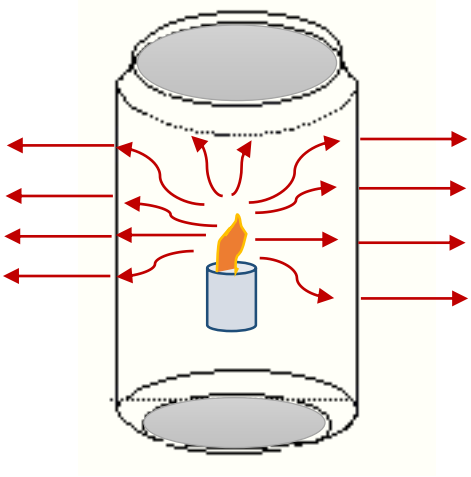


Fonte: próprio autor

Para o caso de uma fonte de calor está no interior da latinha fechada (fig. 12) o fluxo de calor através da parede lateral cilíndrica seria propagado em forma homogênea para o lado externo da latinha e poderá ser aproximadamente calculado pela equação:

$$\phi = \frac{k.2.\pi.H}{(\ln r_2/r_1)}\ (T_1 - T_2)$$

Figura 12: distribuição do calor numa estrutura cilíndrica fechada

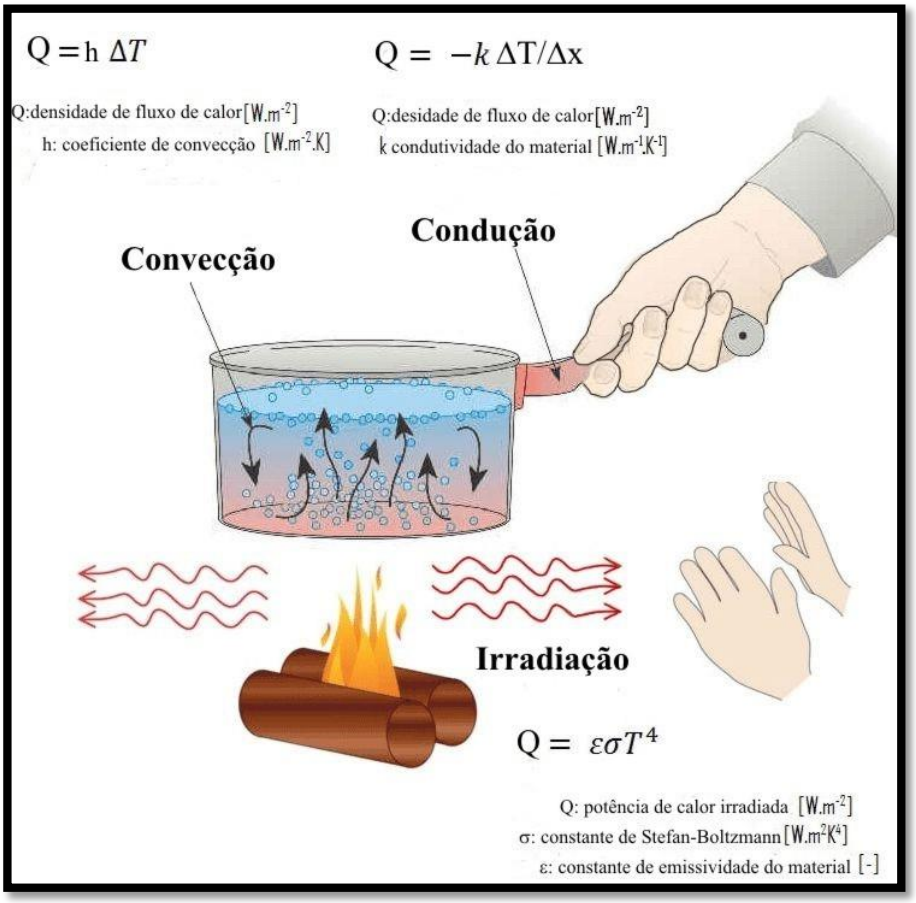


Fonte: próprio autor

2.6 Mecanismos da transferência de calor

A transferência de calor pode ocorrer por meio de três mecanismos: condução, convecção e radiação. A figura 13 mostra as diferentes formas de propagação do calor e suas respectivas equações

Figura 13: tipos de propagação do calor



Fonte: divulgação

2.6.1 Transferência de calor por convecção

Neste processo o calor é transferido pelo movimento do médio que pode ser as moléculas do líquido ou ar.

A taxa de transmissão de calor ($\Delta Q/\Delta t$) do material mais quente para o médio e mais frio que o rodeia é proporcional a área **A** do material e a diferença de temperatura ΔT **(Lei de Fourier):**

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = h \cdot A \cdot \Delta T \tag{19}$$

Na convecção a água quente no fundo da panela se expande e nesse caso sua densidade diminui ligeiramente indo para a superfície enquanto a água fria (mais densa) vai para o fundo

da panela. Este movimento de convecção realizada pelas moléculas de água é responsável pelo aquecimento homogêneo da água.

2.6.2 Transferência de calor por Irradiação

Um sistema e o ambiente podem trocar energia através de ondas eletromagnéticas. As ondas eletromagnéticas que transferem calor muitas vezes são chamadas de **radiação térmica.** Por exemplo, quando uma pessoa se aproxima de uma fogueira, é aquecida pela radiação térmica proveniente do fogo, ou seja, sua energia térmica aumenta ao mesmo tempo que a energia térmica do fogo diminui. Portanto, não há a necessidade de um meio material para a propagação do calor. Outro exemplo é o calor do Sol que chega até nós através do vácuo.

A taxa P_{rad} que um objeto emite energia através da radiação eletromagnética, e depende da área A da superfície do objeto e da temperatura T dessa área (em Kelvins) e é dada por:

$$P_{abs} = \sigma \varepsilon A T_{\text{amb}}^{4}. \tag{20}$$

Onde σ = 5,607 X 10^{-8} W/m^2 . K^4 é uma constante física conhecida como *constante de Stefan-Boltzmann.*

CAPÍTULO 3

PROCEDIMENTOS METODOLOGICOS

3.1 OBJETIVOS DA PESQUISA

3.1.1 Objetivo geral

Elaborar metodologias de ensino a partir de atividades experimentais apoiado nas teorias de aprendizagem significativa de David Ausubel e na teoria Sociointeracionista de Lev Vygotsky para uma melhor compreensão dos conteúdos de Termologia.

3.1.2 Objetivos específicos

- Aplicar questionários antes e depois da aplicação das atividades experimentais;
- Elaborar roteiros de experimentos a serem desenvolvidos em sala de aula;
- Montar os experimentos baseados nos roteiros propostos;
- Demonstrar experimentalmente os conteúdos mencionados nos roteiros;
- Obter e apresentar dados dos experimentos realizados;
- Fixar os conteúdos teóricos usando a experimentação em grupo;
- Elaborar um produto educacional para o ensino de física.

3.2 METODOLOGIA DA PESQUISA

O presente trabalho iniciou-se a partir de levantamento bibliográfico, que apoiasse a literatura pertinente à temática de interesse. Esta pesquisa teve como alvo principal a inserção de metodologias ativas e kit didático experimental, além da interação aluno-aluno e aluno-professor, tendo o docente como mediador. Esta mediação foi facilitada pelo fato do discente de mestrado se constituir, também, professor da turma de alunos que participaram do experimento, fato que possibilitou uma relação de confiança nas etapas do trabalho, resultando em uma experiência rica em significados partilhados entre todos os participantes.

3.2.1. População de estudo

A aplicação da proposta da sequência didática foi realizada no interior do estado do Acre, no município de Mâncio Lima, no mês de março do ano de 2020, na Escola Pública Estadual Francisco Freire de Carvalho de ensino fundamental e médio. O trabalho foi desenvolvido com a participação total de 59 alunos de duas turmas do 9º ano do ensino fundamental divididos nas turmas A com 29 alunos e turma B com 30 alunos todas do turno

vespertino. Estas duas etapas foram fundamentais para a obtenção dos dados da investigação realizadas em quase 3 semanas, pois a disciplina de ciências na educação básica possui uma carga horária de 120 horas/aulas, sendo divididas em quatro bimestres com 30 horas/aulas cada, tendo assim, 3 horários de 1 hora por semana. Na disciplina de ciências, são estudadas as três áreas das ciências exatas, física, química e biologia.

A amostragem aqui realizada constitui-se apenas com os dados dos alunos que fizeram os dois testes. Desta forma, na turma do 9º ano A quantidade de discentes que participaram de todas etapas foi equivalente a 26 alunos, enquanto que na outra turma, ou seja, no 9º ano B, realizaram as atividades um quantitativo de 28 educandos totalizando, portanto, uma contagem de 54 alunos envolvidos em todos processos da pesquisa, demais estudantes que não estão contabilizados, não realizaram algum dos testes, dentre a maior razão foi o fato de ter faltado em algum dos dias cujo ocorria a pesquisa.

3.2.2 Elaboração da Sequência Didática

Para concretização e realização da proposta, precisou inicialmente, de um planejamento, onde foram organizadas todas as ideias do trabalho e a sequência de execução das etapas (Tabela 2).

Tabela 2: Sequência Didática

Nº	Temas	Procedimento didático	Tempo (Minutos)
1	Aplicação do teste diagnóstico.	Termo de aceite por partes dos alunos em participar das atividades experimentais. Perguntas abertas e fechadas do pré-teste.	60
2	Execução das atividades experimentais.	Aula com atividade prática.	120
3	Temperatura, sensação térmica, equilíbrio térmico condutividade térmica.	Apresentação do conteúdo de ensino a partir das atividades experiências realizadas e criação de situações problemas.	120
4	Realização das atividades experimentais.	Aula com experimentação.	60
5	Calor e calor específico.	Aula expositiva dialogada.	60
6	Pós-teste	Aplicação do segundo questionário. Avaliação de aprendizagem.	60
	Total		480

Fonte: Próprio autor. Cada aula tem um tempo de 60 minutos

3.2.3. Desenvolvimento da sequência didática e Aplicação do teste diagnostico de conhecimentos

O tempo de duração, do primeiro encontro foi de 1 hora, nesta oportunidade realizou-se o preenchimento de um termo de aceite por parte dos alunos em participar da referida sequência, o termo encontra-se em anexo, em seguida foi entregue a cada aluno um questionário, denominado de pré-teste. O pré-teste foi realizado como sondagem para saber o grau de conhecimentos prévios dos alunos sobre termologia.

Pré-teste

1) É muito comum em nosso cotidiano nos deparamos com as expressões *calor e temperatura*. Você considera que estas expressões são:
( ) equivalentes;
( ) distintas;
( ) não são equivalentes, porém estão ligadas;
( ) não sei responder
Justifique:_____
_____

2) Considere as afirmações a seguir:

I. Quando dois corpos estão em equilíbrio térmico, ambos possuem a mesma quantidade de calor.
II. Quando dois corpos estão em equilíbrio térmico, ambos possuem a mesma temperatura.
III. Calor é transferência de temperatura de um corpo para outro.
IV. Calor é uma forma de energia em trânsito

Das afirmações acima, pode-se dizer que:
a) I, II, III e IV são corretas b) I, II, III são corretas
c) I, II e IV são corretas d) II e IV são corretas
e) II e III são corretas

3) Em algumas escolas as carteira são construídas com partes de ferro e partes de madeira. Quando você toca a parte de madeira com a mão direita e a parte de ferro com a mão esquerda. É correto afirmar:
a) ( ) a mão direita sente mais frio que a esquerda, porque o ferro conduz melhor o calor;
b) ( ) a mão direita sente mais frio que a esquerda, porque a convecção na madeira é mais notada que no ferro;
c) ( ) a mão direita sente mais frio que a esquerda, porque a convecção no ferro é mais notada que na madeira;
d) ( ) a mão direita sente menos frio que a esquerda, porque o ferro conduz melhor o calor;
e) ( ) em possibilidade nenhuma estarão a mesma temperatura, onde o ferro apresentará uma menor temperatura, pois está mais frio que a madeira.

4) Se você colocar numa panela de alumínio com 100 ml de água ao fogo e simultaneamente colocar em uma panela de alumínio ao fogo com 4 litros, sabendo que os dois vasos foram

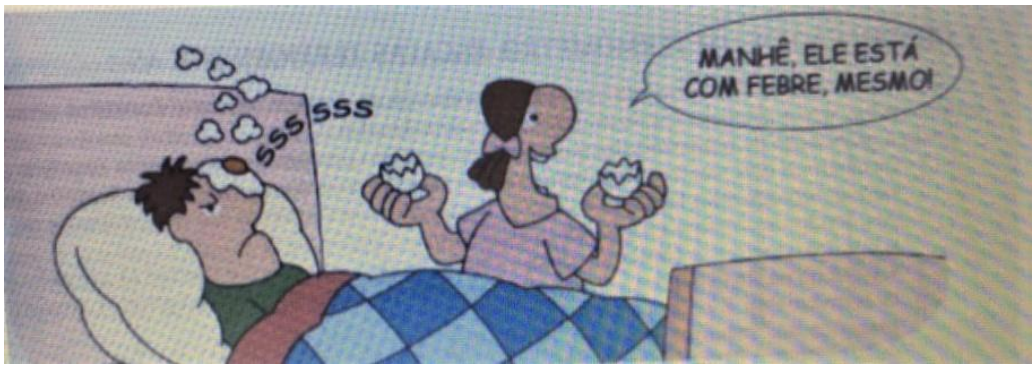
colocados ao fogo sobre a mesma temperatura, qual deles irá ferver primeiro? Justifique sua resposta.

_____

_____

_____

5) Observe a imagem a seguir e logo após responda.



A partir da tirinha mostrada acima, a adolescente acreditou em que seu pai está com febre, pois fritou um ovo no rosto do paciente devido ele apresentar uma alta quantidade de calor em seu corpo. Você acredita que essa afirmação está correta? Justifique sua resposta.

( ) Sim ( ) Não

_____

_____

6) Normalmente as portas de imóveis são feitas de madeiras e as maçanetas que servem como fechaduras são produzidas de metal ou de ferro. Assim como mostra a imagem a seguir.

Desse modo, supondo que em uma aula de física, cujo aparelho de ar condicionado marca uma temperatura de 20ºC, um aluno deseja sair da sala e ao tocar na maçaneta e na porta de madeira, sente sensações diferentes, sendo as sensações de frio na maçaneta e de quente na porta. A partir dessa situação é correto afirmar que:

a) ( ) A temperatura da maçaneta é maior que a da porta.
b) ( ) A temperatura da maçaneta é menor que a da porta.
c) ( ) Ambas estão a mesma temperatura.
d) ( ) Elas nunca ficaram a mesma temperatura.

7) Qual é a quantidade de calor envolvida quando 400g de água sofrem uma variação de temperatura de 20ºC até 68ºC? Calor específico da água = 1cal/gºC. Use a equação fundamental da calorimetria para resolução. ($\boldsymbol{Q = mc\Delta T}$)

3.2.4. Segundo Encontro: Execução das atividades experimentais

Com uma carga horária de 120 minutos, ou 2 horas/aula, nessa aula foram realizadas duas práticas experimentais:

I) O tato nos fornece a temperatura ou a sensação térmica de um corpo?

II) Haste de ferro versus haste de madeira.

Para a realização das atividades experimentais, a turma foi dividida em 5 grupos, a divisão da sala em grupo justifica-se pelo fato de havermos trabalhado com a teoria do sóciointeracionismo proposto por Lev Vygotsky, na qual há uma interação entre aluno-aluno e aluno-professor.

Antes de iniciar a prática os alunos foram desafiados com algumas situações problematizadas. Depois o professor solicitou que os grupos escrevessem algumas respostas sobre os conteúdos da aula e das situações problemas.

Essa atividade experimental teve como objetivos: observar a relevância das percepções táteis perante a medição da temperatura de um corpo, e demonstrar que, na maioria desses casos, as percepções táteis não funcionam corretamente para determinar a temperatura do corpo. Inicialmente, foi realizada a primeira experiência, após a execução da mesma, o professor entregou um questionário com 8 questões ao grupo.

Em seguida, iniciou-se a aplicação da segunda experiência, denominada haste de ferro *versus* haste de madeira, assim como na primeira experiência, esta também se iniciou a partir de uma situação problematizada envolvendo as hastes e princípios de condutividade. Qual é a relação entre as temperaturas de uma haste de ferro e uma haste de madeira quando são aquecidas? Será que estão na mesma temperatura? Ou é impossível estarem à mesma temperatura? As duas hastes estão expostas às mesmas condições climáticas, esta informação será implícita aos discentes.

Após essa etapa, os alunos em grupo foram submetidos a uma atividade que consistia na aplicação de um questionário constituído por 6 questões relacionadas com a atividade realizada. Depois da conclusão da atividade os alunos escolheram um integrante de cada grupo para apresentar as respostas das questões respondidas nos dois questionários. Na apresentação o docente debatia questão por questão junto com os alunos para chegarem à melhor conclusão possível. Depois que todos apresentaram, foi fornecido um termômetro digital para cada grupo

e com a orientação do professor, mediram a temperatura em cada haste, onde os alunos tiveram a oportunidade de medir os valores reais através do termômetro.

O professor explicou as razões dos fenômenos ocorridos em ambas experiências, frisando os conteúdos dos fenômenos envolvidos. A seguir é mostrado os procedimentos experimentais para a 1ª e 2ª prática experimental.

3.2.5. Primeira experiência: O tato nos fornece a temperatura ou a sensação térmica de um corpo?

Materiais Necessários:

- ✓ 1 vasilha com água fria;
- ✓ 1 vasilha com água a temperatura ambiente;
- ✓ 1 vasilha com água quente ou "morna";
- ✓ 1 ebulidor;
- ✓ Termômetros digitais;
- ✓ Cronômetro;
- ✓ 1 recipiente para aquecer a água.

A figura 14, mostra os materiais utilizados na atividade experimental.

Figura 14- Materiais necessários na primeira experiência.

Fonte: o próprio autor

PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

Na realização do experimento foi colocado à disposição de cada grupo 3 vasilhas, como pode ser visto na figura 15.

Com ajuda de um béquer foram adicionados 150 ml de água em cada recipiente

1º recipiente com 150 ml de água a uma temperatura de 6 ºC;

2º recipiente com 150 ml de água a uma temperatura ambiente a 27 °C;

3º recipiente com 150 ml de água a 43 °C. A água foi esquentada por intermédio de um ebulidor até uma temperatura em média de 43 °C.

Figura 15 – vasilhas com água

Fonte: próprio autor.

Cada equipe tinha a sua disposição um celular sendo orientados pelo professor como trabalhar com o cronômetro de tal modo de manter por 3 segundos a mão dentro de cada vasilha. A figura 16, mostra os discentes realizando essa primeira experiência.

Figura 16 - Realização da primeira atividade experimental.

Fonte: o próprio autor.

Após a conclusão da atividade experimental foi atribuido a cada grupo um questionário sobre a prática composto por 8 questões, sendo-as:

1) As sensações térmicas foram as mesmas no decorrer do experimento?
2) A partir do experimento, quais foram as sensações térmicas que você sentiu?

Momento	Vasilha	Temperatura (ºC)	Sensação
1	1	6	
2	2	27	
3	3	43	
4	2	27	

3) Você acredita que a sensação térmica que você sentiu, corresponde ao valor real da temperatura em cada recipiente? Justifique.
4) No momento 2 e no momento 4, as sensações que você sentiu foram equivalentes ou distintas?
5) Você acredita que a quantidade de água influenciou nas sensações térmicas? Justifique.
6) Com a realização experimental, você acredita que através do tato, é possível afirmar de forma correta se uma pessoa está com febre? Por quê?
7) Afinal, a água no momento 2 e 4 estava fria, temperatura ambiente ou quente? Que conclusões você tira do experimento. Escrever suas conclusões na tabela

Equipes	Descreva quais conclusões sua equipe tira do experimento. (Escreva somente no número que representa sua equipe).
1	
2	
3	
4	
5	

Após todos discentes terem concluído a atividade um representante de cada grupo leu as respostas que julgou ser correta para cada questão.

3.2.6. Segundo experimento usando haste de madeira *versus* haste de ferro

Para a execução desta atividade foram utilizados materiais de baixo custo e de fácil aquisição, sendo-os:

- ✓ 5 hastes de madeira (15 cm cada);
- ✓ 5 hastes de ferro (15 cm cada);
- ✓ Termômetros digitais;

✓ Cronômetros.

A figura 17 mostra os materiais necessários para execução da segunda atividade experimental na qual observamos termômetros, hastes de madeira e de ferro além de um celular usado como cronômetro.

Figura 17 - Materiais utilizados na segunda atividade experimental.

Fonte: o próprio autor

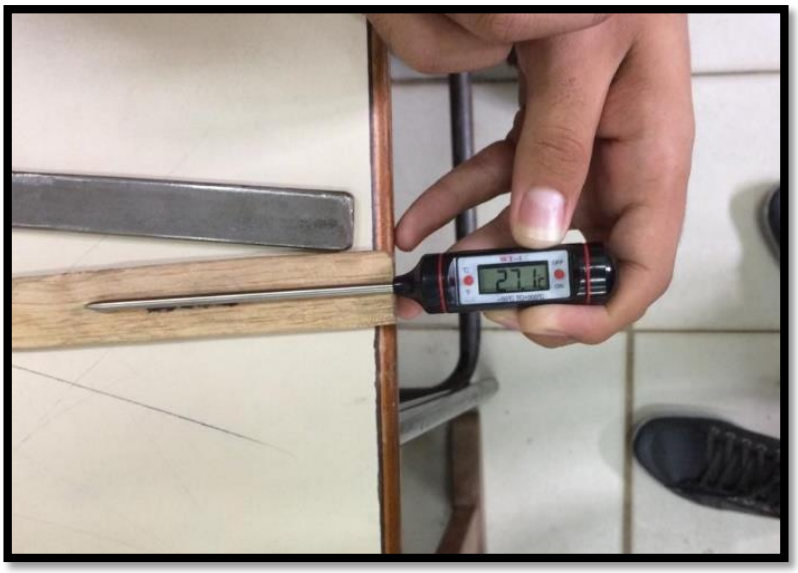
1) Inicialmente foi distribuída pelo professor uma haste de madeira e uma haste de ferro para cada equipe.
2) Com o uso do cronômetro foi medido pelos alunos de cada equipe um tempo de 3 segundos sendo o tempo que cada discente seguraria as hastes uma em cada mão.
3) Prosseguindo, os alunos pegaram dois termômetros digitais e colocaram sobre cada haste, e anotaram os respectivos valores.

A figura 18 e 19 mostra a execução do segundo experimento realizado pelos estudantes.

Figura 18 – Leitura do termômetro na placa de ferro.

Fonte: próprio autor.

Figura 19– Leitura do termômetro no bloco de madeira.



Fonte: próprio autor.

Após a realização da prática experimental, o pesquisador entregou o seguinte questionário aos alunos contendo 6 questões.

1) As sensações térmicas que você sentiu ao tocar simultaneamente as hastes são iguais ou diferentes? Por quê?

2) Qual a relação de temperatura entre as duas hastes? Ambas apresentam a mesma temperatura?

3) A sensação térmica é de fato correspondente a temperatura real de cada haste?

4) Através do tato, podemos afirmar de forma exata a temperatura de um corpo? Justifique.

5) Que conclusões você tira em relação ao experimento realizado?

6) Que utensílios são usados para medição de temperatura? (Termômetro culinário? Termômetro farmacêutico? Termômetro de mercúrio? Tato? Outra ferramenta? Qual?

Após todos os alunos terem concluído a atividade um representante de cada grupo leu as respostas que julgou que poderia ser correta para cada questão.

3.2.7 Terceiro Encontro: aula dialogada expositiva

O referido encontro teve uma duração de 2 horas, na oportunidade foi realizada uma aula de caráter expositiva dialogada, onde foram abordados os conteúdos de: temperatura, sensação térmica, equilíbrio térmico e transferência de calor. Essa é uma forma de motivar o estudo da termologia, uma vez que leva os alunos a perceberam o uso do termo *temperatura* é muito frequente.

Essa aula teve como objetivo: apresentar os conceitos dos termos supracitados e suas aplicações no cotidiano, desta forma, no início da aula foram relembradas as experiências da aula anterior e feitas a seguintes perguntas:

1) Em que situações cotidianas ouvimos falar sobre temperatura?
2) Você acredita que calor e temperatura são a mesma coisa?
3) O que sentimos quando o dia está quente?
4) Por que ao colocar gelo em um copo de água ele derrete durante certo tempo?
5) Quando tocamos diferentes corpos, mas será que a sensação térmica realmente representa a temperatura exata de um corpo?
6) Será que apenas pelo tato é possível afirmar que uma pessoa está com febre?
7) Em dias muito quentes ou frios, o tato pode ter a mesma exatidão ao considerar se uma pessoa está com febre?
8) A maior parte de casas são construídas de tijolos e de madeira. As que são construídas de tijolos apresentam um piso de cerâmica. Em que situações cotidianas ouvimos falar sobre temperatura?
9) Empregamos os termos quente, frio, morno e gelado para classificar sensações térmicas que percebemos, por exemplo, quando tocamos diferentes corpos, mas será que a sensação térmica realmente representa a temperatura exata de um corpo?

A maior parte das casas são construídas usando tijolos e madeira. As casas que são construídas com tijolos os pisos geralmente são de cerâmica. Desta forma, ao pisarmos no piso de cerâmica com um pé e com outro pé pisarmos na madeira, experimentaremos sensações diferentes para cada situação, pois, o piso de cerâmica apresentará uma sensação mais fria, enquanto que ao pisarmos no piso de madeira teremos a percepção de mais quente, esta diferença é possível devido nossas percepções táteis. Mas será que sempre nossas percepções táteis correspondem à temperatura real de um sistema?

3.3 Temperatura

Toda matéria é constituída por um arranjo de átomos ou moléculas ligadas umas com outras através de ligações químicas. Quanto mais quente estiver um corpo, maior será o movimento de agitação, vibração, rotação e energia cinética de cada um de seus átomos ou moléculas. Esse grau de agitação pode ser avaliado por um aparelho, o termômetro que associa a agitação com uma escala determinada. Então a temperatura é uma grandeza física que indica

o grau a agitação média das partículas devido à energia térmica. Quanto maior a agitação das partículas, maior a temperatura do corpo.

A temperatura medida de qualquer corpo ou substância pode ser relacionada com as escalas de temperatura previamente estudadas (capitulo 2.1). Outro ponto importante a se frisar é que realizamos as práticas experimentais usando um termômetro culinário. Porém, foi mencionado e mostrado aos estudantes outros tipos de termômetros, como o farmacêutico e de mercúrio, assim como representam as figuras 20 e 21.

Figura 20: termômetro de mercúrio

Fonte: próprio autor

Figura 21: termômetro farmacêutico

Fonte: próprio autor

3.4 Equilíbrio térmico

Quando colocamos um pouco de leite frio no café quente, o café esfria e o leite esquenta até ficarem com a mesma temperatura (temperatura de equilíbrio térmico). Isso acontece porque há transferência de energia térmica na forma de calor do café para o leite, até que a mistura adquira a mesma temperatura. A teoria desenvolvida foi de acordo com a parte 2.2 do capítulo 2 deste trabalho.

3.5 Sensação térmica

Também chamada de temperatura aparente, a sensação térmica é um termo utilizado para designar como os sentidos do nosso corpo percebem a temperatura do ambiente, o que pode quase sempre diferir da temperatura real, a sensação térmica é uma percepção individual. Há uma série de variáveis que podem influenciar na sensação da temperatura de um objeto, como as condições climáticas e o material que é feito. A pele, que é o maior órgão do corpo

humano, está ligada a uma série de terminações nervosas que tornam possível o nosso sentido do tato. Entre as percepções que ela transmite, estão as chamadas sensações térmicas, que basicamente é o fato de sentir frio ou calor.

3.6 Transferência de calor

Foi dada uma aula expositiva sobre este assunto de acordo com a seção 2.4 deste trabalho e foram realizadas algumas experiências de condutividade térmica

3.6.1 Quarto encontro: realização das atividades experimentais

No quarto encontro com duração de 1 hora/aula realizou-se a aplicabilidade do último experimento. A experiência trabalhada nessa aula foi denominada, Calor vs Temperatura. Essa prática experimental foi iniciada fazendo algumas perguntas aos alunos participantes para saber o grau de conhecimento sobre o assunto por grupos. As perguntas nessa atividade foram:

a) Qual é a relação entre calor, massa e variação de temperatura entre duas latinhas que são colocadas sobre a mesma intensidade do fogo de uma vela?
b) O que ocorre quando as latinhas possuírem massas diferentes sobre a mesma intensidade do fogo?
c) E com massas de água iguais, o que acontece?

Desta forma, a experiência teve como desígnio demonstrar a diferenciação entre temperatura e calor, além do mais demonstrar a relação entre calor, massa e variação de temperatura, essa relação foi calculada usando a equação da calorimetria, na qual o calor é diretamente proporcional à variação de temperatura. Nesta aula experimental foi utilizado termômetros culinários.

3.6.2 Terceira experiência: Calor vs Temperatura

A terceira experiência realizada pelos estudantes integrando a proposta desse trabalho, é denominada, calor vs temperatura. Objetiva-se mostrar através do experimento a diferença entre calor e temperatura, e calcular pela equação fundamental da calorimetria a quantidade de calor (Q) produzida por uma vela sobre a latinha num determinado tempo. Foi marcado os tempos no cronômetro, para massas iguais e massas diferentes de água. Na elaboração e na

montagem da prática experimental foram necessários os seguintes materiais, mostrados na figura 22.

Materiais

- ✓ 6 latinhas de refrigerante;
- ✓ Termômetros digitais;
- ✓ 4 velas;
- ✓ Estilete;
- ✓ Água;
- ✓ Isqueiro;
- ✓ Copo graduado;
- ✓ Pincel para as marcações;
- ✓ Cronômetro.

Figura 22 - Materiais utilizados para realização da terceira experiência.

Fonte: próprio autor

A prática realizou-se com duas experiências, para cada grupo;

Quantidades de água iguais

- No primeiro momento foram medidas pelos alunos 100 ml de água nas duas latinhas;
- Acenderam as duas velas simultaneamente e foi marcado no cronômetro dois minutos (120 segundos) para inserção dos termômetros a fim de medir a temperatura da água dentro das latinhas, e esses valores foram anotados por eles.

Nº	Massa de água (g)	Tempo (s)	$T_{inicial}$ (ºC)	T_{final} (ºC)
1	100	120	29,5	37,6
2	100	120	29,5	38,0

Para o grupo 1: O calor calculado foi Q = m.c.ΔT = 100g.1cal/g.ºC. (37,6 – 29,5) ºC

Q = 810 cal.

Para o grupo 2: O calor calculado foi Q = m.c.ΔT = 100g.1cal/g.ºC. (38,0 - 29,5) ºC

Q = 850 cal.

Quantidades de água diferentes

- Em seguida, foi derramada a água, e com o copo milimetrado foi medido dessa vez quantidades de águas distintas, respectivamente 100 ml e 200 ml.
- Novamente foram acesas as duas velas e após dois minutos foi inserido os termômetros para medir a temperatura, os valores observados pelos estudantes foram anotados e comparados com a primeira prática.

Nº	Massa de água (g)	Tempo (s)	$T_{inicial}$ (ºC)	T_{final} (ºC)
1	100	120	29,5	37,8
2	200	120	29,5	32,4

Para o grupo 1: O calor calculado foi Q = m.c.ΔT = 100g.1cal/g.ºC. (37,8 - 29,5) ºC

Q = 830 cal.

Para o grupo 2: O calor calculado foi Q = m.c.ΔT = 200g.1cal/g.ºC. (32,4 - 29,5) ºC

Q = 580 cal.

A partir dos dados objetivou-se que os alunos percebam que nos dois casos a intensidade do fogo visualmente era a mesma, ou seja, o calor fornecido deveria ser o mesmo, porém, as temperaturas mostraram-se diferentes, provando assim que calor e temperatura são grandezas diferentes. De acordo com a primeira tabela com massas iguais de água e o mesmo tempo da vela acessa fornecendo calor às latinhas, os valores da temperatura foram bem próximos, enquanto, com massas diferentes a temperatura final marcada nos termômetros foram diferentes, enfatiza-se que as temperaturas iniciais em ambos processos das latinhas eram a mesma.

Seguindo com a experiência, os alunos foram indicados a fazerem a outra parte da experiência, sendo calcular a quantidade de calor absorvida pela água. Para tanto, seguiu os seguintes procedimentos.

- Inicialmente foi calculada a quantidade de calor *Q* com massas de água igual a 100 ml, ou seja, 100 g.

- O professor orientou aos alunos a marcarem no termômetro três tempos em segundos, sendo-os: t_1 = 60s; t_2 = 100s e t_3 = 120s.
- A primeira prática era para calcular a quantidade de calor Q para o tempo de 60 segundos, e assim os discentes anotaram a temperatura inicial ($T_{inicial}$) apresentada no termômetro, após acenderam a vela e discorrido o tempo solicitado, anotaram a temperatura final (T_{final}) exibida no termômetro.
- Para os tempos t_2 e $t_3$os discentes realizaram o mesmo processo.
- Na segunda etapa os discentes trabalharam com massa igual a 200 ml, ou 200 g, adotando os mesmos tempos da primeira etapa.
- Foi realizado o mesmo procedimento da primeira etapa, e após, a prática foi entregue um questionário aos alunos contendo 8 questões. A figura 23 mostra os alunos realizando as atividades.

Figura 23: trabalho experimental com os termômetros

Fonte: próprio autor.

QUESTIONÁRIO SOBRE A ATIVIDADE PRÁTICA

1) Qual a causa que provocou o aquecimento da água em cada latinha?

2) Após iniciar o aquecimento nas duas latinhas, qual delas apresentou um maior aumento de temperatura?

3) Qual das latinhas demorou mais tempo para aquecer?

4) É correto afirmar que, se por ventura, nesse experimento uma das latinha aqueceu mais rápido comparada à outra, é porque ela recebeu mais calor? Justifique.

5) As latinhas só começam a receber calor a partir do momento que a água começa a esquentar?
6) Qual a relação entre calor, temperatura e volume entre as latinhas?
7) Pela experiência realizada, que afirmação você tem a respeito das definições de calor e temperatura. Elas são consideradas grandezas?
( ) Iguais ( ) Diferentes
8) A partir dos dados obtidos no experimentos, utilizando a equação fundamental da calorimetria ($Q = m.c.\Delta t$) calcule a quantidade de calor fornecida pela vela para as latinhas para cada uma das medidas realizadas. Adote o Calor específico da água = 1,0 cal/g°C.

Nº	Massa de água (g)	Tempo (segundos)	Temperatura inicial T_I (ºC)	Temperatura final T_f(ºC)	Q = m.cΔT (Cal)
1	100	60			
2	100	100			
3	100	120			

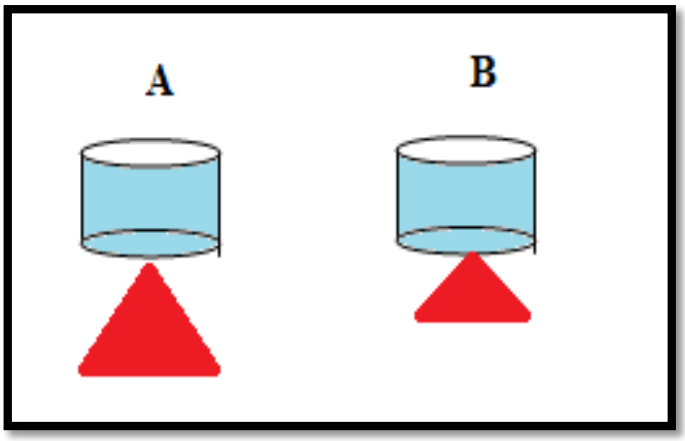
Finalizada a atividade cada grupo escolheu um aluno para mostrar seus resultados.

3.6.3 Quinto encontro: aula expositiva dialogada

De uma duração de 60 minutos, ou de 1 hora/aula, ocorreu uma aula de cunho expositiva dialogada, à referida aula teve como objetivo, introduzir o conceito de calor, calor específico e consequentemente apresentar a equação fundamental da calorimetria, como na equação 4. Trabalhar com o conceito de *calor* é extremamente importante, especialmente porque utilizamos no cotidiano a ideia de calor segundo o senso comum. O professor lembrou junto com os discentes a prática realizada na aula anterior e o conceito de calor apresentado inicialmente neste trabalho no subcapítulo 2.3.

Em seguida foram abordadas as situações que foram executadas na prática experimental, assim representadas na figura 24:
1) Imagine duas panelas idênticas contendo a mesma quantidade de água, sendo colocadas ao mesmo tempo em bocas de fogão distintas uma com a indicação “alta” e a outra com a indicação “baixa”. Você acredita que haverá diferença nas temperaturas?

Figura 24: ilustração de panelas com massas de água iguais

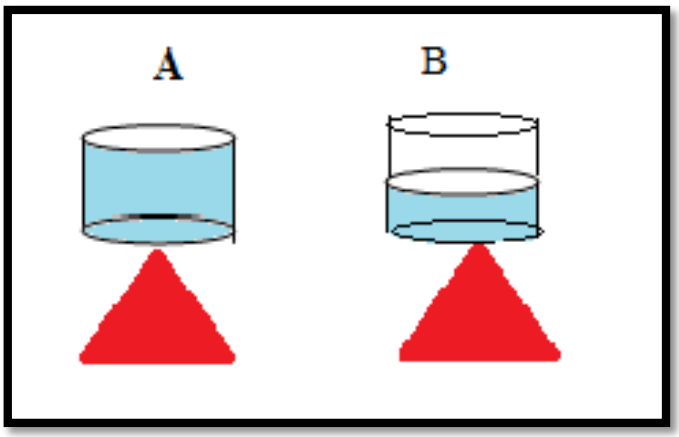


Fonte o próprio autor

$m_A = m_B;\ Q_A > Q_B$

- Agora imagine duas panelas idênticas, uma contendo 1 litro de água e a outra com 0,5 litros (figura 25), são colocadas em bocas de fogão idênticas.

Figura 25: ilustração de panelas com massas de água diferentes



Fonte: próprio autor

$m_A > m_B;\ Q_A = Q_B$

- Você acredita que uma delas irá ferver primeiro que a outra?

No decorrer foram expostas as diferenças entre calor recebido e calor cedido, além de exemplos resolvidos utilizando a equação fundamental da calorimetria.

3.7 Calor Específico

O **calor específico** (**c**) é uma grandeza usada para caracterizar a diferença entre as substâncias para ganhar (ou perder) energia na forma de calor. Por exemplo, a quantidade de energia necessária para elevar em 1ºC a massa de 1 grama de água (no estado líquido) é de 1 caloria. Então, o calor específico da água é de 1 caloria por grama por graus Celsius, que se escreve: 1 cal/g. ºC. Já tendo estudado calor e calor específico, já se pode calcular a quantidade

de calor absorvida ou cedida por um corpo de massa m quando sua temperatura varia. Portanto, a quantidade de calor ($\boldsymbol{Q}$) é diretamente proporcional à massa de corpo com massa ($\boldsymbol{m}$), à variação de temperatura ($\boldsymbol{T}_f - \boldsymbol{T}_i$) e ao calor específico (**c**) do corpo envolvido. Desta forma, obtenha-se a seguinte expressão, conhecida como equação fundamental da Calorimetria, sendo:

$$Q = mc\Delta T$$

Q- Quantidade de calor;

$m -$ Massa;

ΔT- Variação da temperatura ($\boldsymbol{T}_f - \boldsymbol{T}_i$);

c- Calor especifico;

$c_{água}$= Calor especifico da água: 1 cal /g^{o}C.

Por meio dessa equação calculamos novamente a quantidade de calor cedido pelas velas através dos dados obtidos na aula experimental.

Fechamos a aula fazendo retomada de todo conteúdo aplicado.

Após isso seguimos a sequência:

Todo processo de aplicabilidade da pesquisa foi realizado pelo professor regente, na condição também de pesquisador da temática aqui discutida. Além do mais, todos os materiais utilizados no desenvolvimento desta pesquisa, são materiais de baixo custo. Para concretização deste trabalho foram necessários 8 encontros de 1 hora cada.

3.8 Aplicação do pós- teste de diagnóstico de conhecimentos

Uma vez que os alunos tiveram um treinamento experimental em grupos e discussão dos temas abordados chegou a hora de testar novamente os conhecimentos adquiridos através de uma avaliação.

3.8.1 Avaliação Pós-teste

Teve duração de apenas 1 horário, e na oportunidade concluindo esta etapa do trabalho, foram aplicados dois questionários, essenciais para a análise de nossos resultados. O primeiro questionário respondido pelos discentes foi o pós-teste, sendo composto por 7 questões objetivas e subjetivas, esse questionário foi de extrema importância para nosso trabalho, pois estamos trabalhamos com a aprendizagem de David Ausubel, e somente através dessa aplicação foi possível mostrar nos resultados se ocorreu aprendizagem significativa ou não, enquanto o segundo questionário referia-se a metodologia para a realização desse trabalho, sendo composto

por 8 questões. O teste realizado é exibido a seguir, e também se encontra nos anexos desse trabalho:

1) É muito comum em nosso cotidiano nos deparamos com as expressões *calor e temperatura*. Você considera que estas expressões são:
( ) equivalentes;
( ) distintas;
( ) não são equivalentes, porém estão ligadas;
( ) não sei responder
Justifique:_____
_____

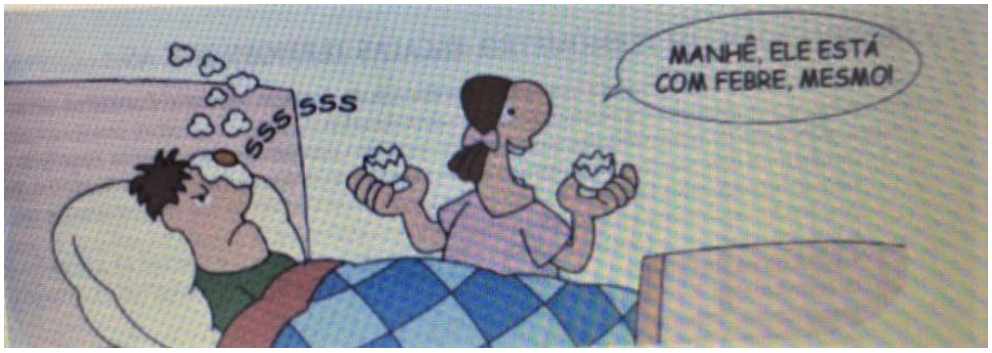
2) Considere as afirmações a seguir:
I. Quando dois corpos estão em equilíbrio térmico, ambos possuem a mesma quantidade de calor.
II. Quando dois corpos estão em equilíbrio térmico, ambos possuem a mesma temperatura.
III. Calor é transferência de temperatura de um corpo para outro.
IV. Calor é uma forma de energia em trânsito
Das afirmações acima, pode-se dizer que:
a) I, II, III e IV são corretas b) I, II, III são corretas
c) I, II e IV são corretas d) II e IV são corretas
e) II e III são corretas

3) Em algumas escolas as carteira são construídas com partes de ferro e partes de madeira. Quando você toca a parte de madeira com a mão direita e a parte de ferro com a mão esquerda. É correto afirmar:

a) ( ) a mão direita sente mais frio que a esquerda, porque o ferro conduz melhor o calor;
b) ( ) a mão direita sente mais frio que a esquerda, porque a convecção na madeira é mais notada que no ferro;
c) ( ) a mão direita sente mais frio que a esquerda, porque a convecção no ferro é mais notada que na madeira;
d) ( ) a mão direita sente menos frio que a esquerda, porque o ferro conduz melhor o calor;
e) ( ) em possibilidade nenhuma estarão a mesma temperatura, onde o ferro apresentará uma menor temperatura, pois está mais frio que a madeira.

4) Se você colocar numa panela de alumínio com 100 ml de água ao fogo e simultaneamente colocar em uma panela de alumínio ao fogo com 4 litros, sabendo que os dois vasos foram colocados ao fogo sobre a mesma temperatura, qual deles irá ferver primeiro? Justifique sua resposta.
_____
_____

5) Observe a imagem a seguir e logo após responda.



A partir da tirinha acima, a adolescente acreditou em que seu pai está com febre, pois fritou um ovo no rosto do paciente devido ele apresentar uma alta quantidade de calor em seu corpo. Você acredita que essa afirmação está correta? Justifique sua resposta.

( ) Sim ( ) Não

_____

_____

6) Normalmente as portas de imóveis são feitas de madeiras e as maçanetas que servem como fechaduras são produzidas de metal ou de ferro. Assim como mostra a imagem a seguir.

Desse modo, supondo que em uma aula de física, cujo o ar condicionado marca uma temperatura de 20ºC, um aluno deseja sair da sala e ao tocar na maçaneta e na porta, sente sensações diferentes, sendo as sensações de frio na maçaneta e de quente na porta. A partir dessa situação é correto afirmar que:

a) ( ) A temperatura da maçaneta é maior que a da porta.
b) ( ) A temperatura da maçaneta é menor que a da porta.
c) ( ) Ambas estão a mesma temperatura.
d) ( ) Elas nunca ficaram a mesma temperatura.

7) Qual é a quantidade de calor envolvida quando 400g de água sofrem uma variação de temperatura de 20ºC até 68ºC? Calor específico da água = 1cal/gºC. ($Q = mc\Delta T$).

CAPÍTULO 4

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo tem por objetivo apresentar os resultados do estudo e discuti-los à luz dos enfoques teóricos anunciados. Os resultados apresentados a seguir referem-se as aplicações dos questionários e são apresentados de acordo com a seguinte sequência: resultados referentes os questionários pré e pós-teste da turma do 9° ano A, representados pelo gráfico 1; após os resultados dessa primeira turma, são apresentados os resultados dos pré e pós testes da segunda turma, a turma do 9° ano B, concebidos pelo gráfico 2; em seguida são exibidos os resultados por meio de uma tabela, na qual pretende-se analisar a relevância desse trabalho referente a metodologia utilizado, sendo exposto os percentuais das duas turmas, em sequência serão mostrados alguns questionários respondidos pelos alunos das respectivas turmas.

O teste apresentou 7 questões do tipo aberta e fechada. Esse questionário foi essencial para o trabalho, pois seu papel era demonstrar os subsunçores, ou seja, os conhecimentos prévios dos discentes sobre o conteúdo de termologia. A análise dos questionários foi imprescindível, pois deu um direcionamento para elaboração das etapas vindouras, tendo em vista que, esse questionário serviu como mapa norteador fundamental para a elaboração dos grupos, onde os mesmos foram formados de acordo com a quantidade de acertos, onde foi divido quem acertou mais com quem acertou menos.

Como mencionado no item do referencial teórico a respeito dos teóricos de aprendizagem, usamos duas teorias de aprendizagem, sendo uma delas a Teoria Significativa de Ausubel, pois, ao verificarmos os conhecimentos prévios dos alunos por meio da aplicação do questionário inicial, nosso objetivo foi hierarquizar esses conhecimentos juntos com a aprendizagem que estava por vir, possibilitando levar aos educandos uma aprendizagem significativa.

Os questionários foram aplicados em dois momentos distintos, o primeiro questionário mostrou os conhecimentos iniciais ou prévios dos discentes, enquanto, o segundo questionário evidencia os resultados após a realização de todas atividades. As questões dos questionários supracitados foram idênticas afim de averiguar a existência de aprendizagem significativa.

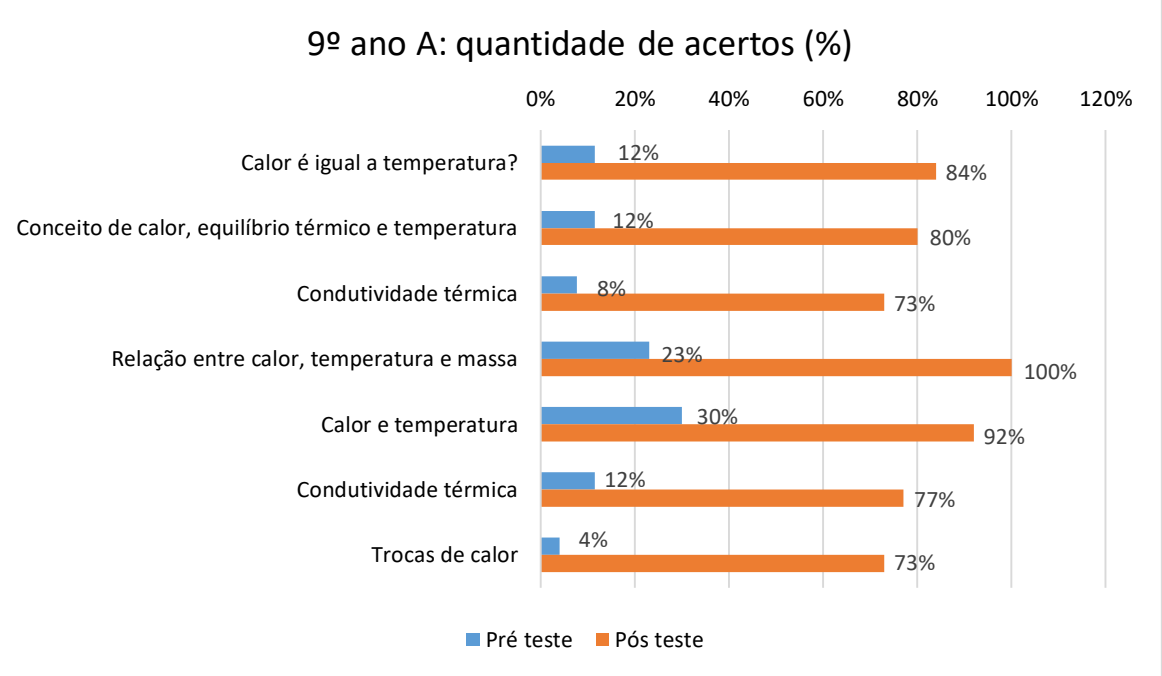
Em todas questões foram consideradas como percentuais de acertos de 0% a 100% dependendo da quantidade de questões corretas por turma. Nos gráficos 1 e 2 a cor azul representa a quantidade de acertos no pré-teste, enquanto, a cor laranja dos gráficos representa a quantidade de acertos no pós-teste. Em duas tabelas são mostrados os resultados gerais de

acertos envolvendo as duas turmas. Os questionários referentes ao pré-teste e pós-teste, encontram-se nos anexos. Por fim, são apresentados os resultados dos questionários concernente a utilização da metodologia proposta.

4.1 Resultados da turma A

Na turma do 9° ano A, participaram da pesquisa um quantitativo de 26 alunos. O gráfico 1 exibe os percentuais de acertos nos dois questionários da turma, sendo o teste inicial e o teste final.

Gráfico 1 - Resultados dos questionários realizados pela turma do 9º ano A



Fonte: próprio autor.

A primeira questão desse questionário, tinha como objetivo verificar os possíveis conhecimentos dos alunos a respeito de termologia, assim a primeira pergunta, indagava sobre a relação entre as grandezas calor e temperatura. No entanto, na aplicação inicial o percentual de acerto foi igual a 12% dos alunos, correspondendo um quantitativo de 3 alunos, ao passo que, na segunda aplicação do questionário após a realização do produto, o percentual de acertos aumentou-se para 84%, ou seja, 22 discentes fizeram a questão corretamente.

A segunda questão fazia referência sobre o conhecimento dos conceitos de calor, equilíbrio térmico e temperatura. Inicialmente, no pré-teste 12% da turma equivalente a 3

alunos, fizeram a questão corretamente, enquanto, no pós-teste após a efetivação do produto educacional, o percentual de acertos passou para 90% da turma, sendo igual a 21 alunos.

A terceira questão tratava sobre as percepções táteis e a condutividade térmica em diferentes materiais. No primeiro questionário 10% dos alunos conseguiram acertar a questão. Esse percentual corresponde apenas 2 alunos da turma, em contrapartida, no segundo questionário, a margem de acertos aumentou para 95% da classe. Essa percentagem de acertos é coincidente a 19 alunos.

A quarta questão faz uma abordagem sobre a relação das grandezas calor, temperatura e volume, de tal modo que, no pré-teste 23% dos discentes fizeram a questão corretamente, correspondendo a 6 alunos do total da turma, enquanto que no pós-teste 100% dos discentes obtiveram êxito quanto a resolução da questão, ou seja, todos os 26 alunos acertaram a questão.

A quinta questão diz respeito sobre a relação entre calor e temperatura, no primeiro questionário 30% dos discentes, o que representa um quantitativo de 8 alunos, acertaram essa questão, ao passo que, no segundo questionário, houve um aumento quanto a quantidade de acertos, onde 92% dos estudantes obtiveram êxito em fazerem a questão corretamente. Esse percentual é equivalente a 24 alunos da turma.

Na sexta e penúltima questão, foram abordados os assuntos relacionados a temperatura e condutividade térmica. No pré-teste 12% dos aprendizes fizeram a questão de forma correta, sendo equivalente a 3 estudantes. Entretanto, na aplicação do pós-teste, após a realização do produto educacional, esse percentual de acertos foi de 77% dos alunos, esse dado representa um quantitativo de 20 aprendizes da turma.

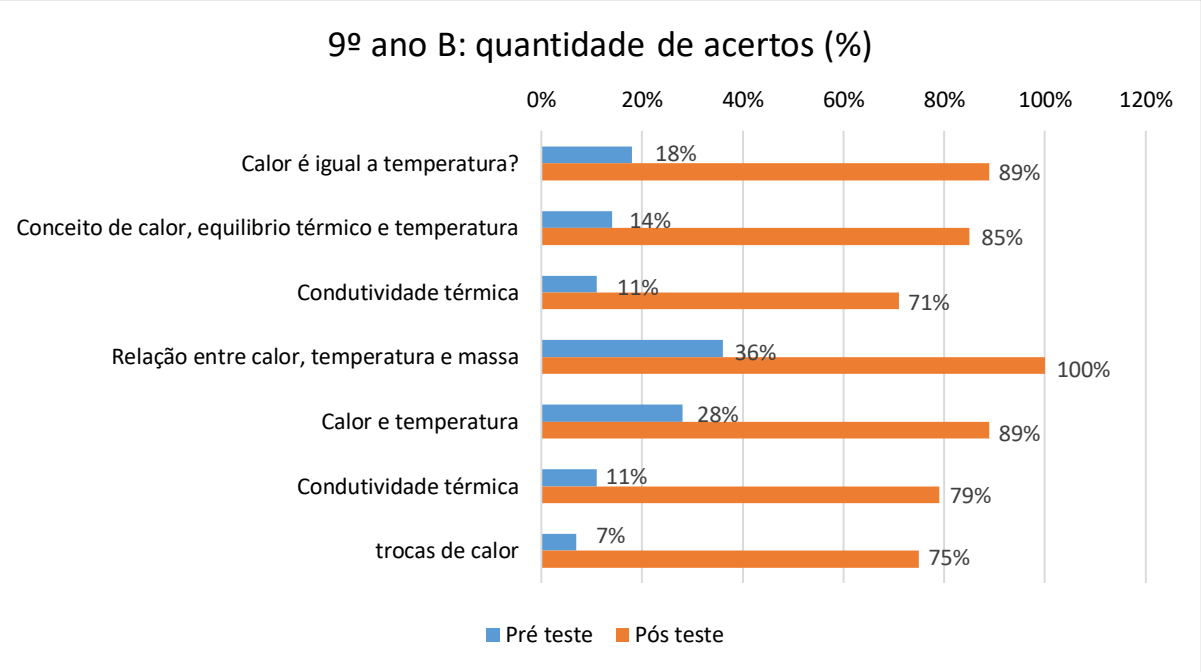
A sétima e última questão tratava sobre trocas de calor, nessa questão seria usada a equação fundamental da calorimetria, a equação foi dada no pré-teste, desta forma, ao corrigir, constatou-se que apenas 4% dos alunos conseguiram acertar a questão, sendo equivalente a somente 1 aluno, enquanto que na aplicação do pós-teste, esses cenário mudou, onde 73% dos alunos, ou seja, 19 alunos, fizeram a questão corretamente.

4.2. Resultados da turma B

Na turma do 9° ano B, participaram da pesquisa um quantitativo de 28 alunos. O gráfico 2 mostra os resultados de acertos dos discentes no pré e pós teste. Portanto, a partir questionário inicial objetivava-se averiguar as possíveis informações cognitivas que os alunos possuíam sobre termologia, enquanto, no segundo questionário pretendia-se verificar e analisar a

quantidade de questões acertadas pelos alunos para comparamos os resultados e a relevância de nossa pesquisa.

Gráfico 2 - Resultados dos questionários no 9° ano B



Fonte: próprio autor.

A primeira questão, perguntava-se, se calor e temperatura eram grandezas iguais ou diferentes, e ao analisar a aplicação inicial o percentual de acertos foi igual 18% dos alunos, correspondendo um quantitativo de 5 alunos, no entanto, na segunda aplicação, ou seja, na efetivação do questionário após a realização do produto educacional, o percentual de acertos aumentou para 89% dos aprendizes, o que equivale a 25 estudantes.

A segunda questão referia-se aos conceitos de calor, equilíbrio térmico e temperatura. No pré-teste, 14% da classe que representa 4 alunos, acertaram a questão em foco. Enquanto que no pós-teste, o aumento em percentuais de acertos aumentou consideravelmente para 85% o que representa uma quantidade de 24 estudantes.

A pergunta de número 3 abordava sobre condutividade térmica em diferentes materiais e as percepções táteis, na primeira aplicação, o percentual de acertos correspondeu a 11%, sendo equivalente a 3 alunos da turma. Depois da aplicação do produto educacional o percentual de acertos e a quantidade de acertos elevaram-se para 71%, o que simboliza 20 educandos.

A quarta questão tratava sobre a relação entre as grandezas calor, temperatura e massa. No pré-teste 36% da turma, ou seja, 10 estudantes acertaram, destaca-se ainda que dentre todas questões do pré-teste essa foi a que teve a maior quantidade de acertos por parte dos alunos. Já

na aplicação após a aplicação do produto, esse percentual das respostas corretas fornecidas por eles aumentaram significativamente passando para 100%, isso reflete que todos 28 discentes da turma responderam corretamente.

A questão 5 abordava sobre a relação entre as grandezas calor e temperatura, de tal modo que no pré-teste 28% dos discentes, o que representa uma quantidade de 8 alunos, acertaram a referida questão, enquanto que no pós-teste, os resultados de acertos elevaram-se para 89% o que reflete que 25 participantes responderam corretamente.

A questão de número 6 fazia referência os assuntos relacionados a temperatura e condutividade térmica. Na aplicação do pré-teste 11% dos aprendizes fizeram a questão de forma correta, representando um quantitativo de 3 aprendizes. Em contrapartida, na execução do pós-teste, após a realização do produto educacional, 79% dos participantes, ou seja, 22alunos responderam perfeitamente.

A sétima e última questão abordava sobre trocas de calor, para a resolução de forma correta desta pergunta o educando deveria usar os conhecimentos matemáticos através da equação fundamental da calorimetria, a referida equação foi dada na questão, assim na aplicação do questionário inicial, verificou-se que 7% dos alunos conseguiram acertar a questão, correspondendo a 2 estudantes. Ao passo que, após a aplicação do produto educacional houve um aumento na quantidade de acertos para 75%, o que representa um quantitativo de 21 alunos. Para uma avaliação e comparação no geral, serão mostradas duas tabelas, somando a quantidade e os percentuais de acertos antes e depois da aplicação do produto educacional. Os resultados gerais dos acertos das duas turmas envolvidas no pré-teste, são mostrados na tabela 3. O quantitativo de participantes foi de 54 discentes.

Tabela 3 - Resultados geral do pré-teste.

Questões	1	2	3	4	5	6	7
Acertos	8	7	5	16	16	6	3

Fonte: próprio autor.

Ao analisarmos a tabela 4, verificamos que os percentuais de acertos de todo público envolvido na pesquisa, onde dos 54 alunos que responderam o teste inicial, a média de acertos foi de 16,1%. Após a aplicação de todo produto educacional com a aplicação da sequência didática com utilização dos experimentos nas duas turmas, foi aplicado o teste final, tendo como resultados os valores apresentados na tabela 4.

Tabela 4 - Resultado gerais do pós-teste.

Questões	1	2	3	4	5	6	7
Acertos	47	45	39	51	52	42	40

Fonte: próprio autor.

A partir das respostas concebidas pelos alunos nas questões no pós-teste, verificamos que a média em percentuais de acertos foi igual a 83,5%. Desta forma, ao compararmos os acertos entre as duas aplicações, constatamos que a média de acertos aumentou significativamente em 67,4%.

Finalizado a aplicação do último questionário também propomos aos discentes um questionário a respeito da metodologia utilizada na pesquisa. Esse questionário era composto por 8 questões. Na tabela 5 será mostrada as respostas dos alunos em percentuais, compreendendo a soma das duas turmas.

Tabela 5 - Resultado do questionário sobre a metodologia aplicada na pesquisa.

Questões	**Respostas (%)**
1) Você já havia estudado algum conteúdo de física na disciplina de ciências com utilização de atividades experimentais?	() Sim (**100%**) Não
2) Você gostou do uso das atividades experimentais durante as aulas?	(**92,6%**) Sim, porquê (**7,4%**) Nem gostei, nem detestei ( ) Não, porquê
3) Você considera que a utilização das atividades experimentais foram eficazes e proveitosas para visualização e entendimento do conteúdo?	(**85,2%**) Concordo totalmente; (**9,3%**) Concordo parcialmente; (**5,5%**) Nem concordo, nem discordo; ( ) Discordo parcialmente; ( ) Discordo totalmente;
4) Você acredita que o ensino da física na disciplina de ciências com utilização de experimentos torna a aula mais atrativa e de melhor compreensão? Justifique.	() Não (**100%**) Sim
5) Você é a favor de estudar outros conteúdos utilizando atividades experimentais?	(**87%**) Totalmente favorável; (**7,5%**) Moderadamente favorável (**5,5%**) Indiferente ( ) Moderadamente contrário ( ) Totalmente contrário
6) Você considera ter compreendido o conteúdo abordado nas atividades desenvolvidas durante as aulas?	(**87%**) Sim (**13%**) Em partes ( ) Não
7) Que nota você atribui as atividades apresentados na metodologia. 1 é horrível, 2 é péssima, 3 é ruim, 4 é razoável, 5 é desfavorável, 6 indiferente, 7 é satisfatório, 8 é boa, 9 é ótimo e 10 é excelente.	1 2 3 4

	5	
	6	
	7	**5,5%**
	8	**7,5%**
	9	**13%**
	10	**74%**
8) Sobre a Metodologia utilizada na aula, para trabalhar o conteúdo de Termologia, você considera que contribuiu para a sua aprendizagem?	(**90,7%**) Sim (**9,3%**) Em partes ( ) Não	

Fonte: próprio autor

A primeira questão indagava se os discentes já haviam estudado algum conteúdo de física na disciplina de ciências utilizando atividades experimentais. Os resultados apontaram que 100% (54 alunos) responderam que não, nunca haviam estudado com aplicação dessa ferramenta metodológica.

A pergunta seguinte teve como objetivo investigar a opinião dos alunos se gostaram das atividades experimentais desenvolvidas durante a aplicação do produto educacional e obtivemos que 92,6% (50 estudantes) gostaram da proposta metodológica, entretanto 7,4% (4 discentes) se mantiveram neutros e mencionaram que nem gostaram, nem detestaram.

A terceira questão buscava verificar a eficácia e a proficiência das atividades experimentais para visualização e o entendimento do conteúdo ministrado. Assim dos participantes 85,2% (46 educandos) concordaram totalmente, em contrapartida 9,3% (5 discentes) concordaram de forma parcial, e 5,5% (3 alunos) não se posicionam, onde nem concordaram, nem discordaram.

A quarta pergunta visou identificar com os educandos se o ensino de física, organizado por meio de metodologias ativas utilizando três experimentos, teria tornado a aula mais atrativa e de melhor compreensão. Sobre isso constatou-se que de forma unânime, nas duas turmas, todos alunos afirmaram, sim.

A pergunta de número 5 indagava se os estudantes eram favoráveis em estudarem outros conteúdos de física utilizando atividades experimentais, e nesse aspecto 87% (47 discentes) se manifestam totalmente favoráveis, enquanto 7,5% (4 alunos) indicaram concordância de forma parcial, e 5,5% (3 alunos) mantiveram neutros e decidiram não opinar.

A sexta pergunta endereçada aos educandos é de extrema relevância para este trabalho, pois o escopo principal do produto educacional é de possibilitar um melhor ensino aprendizado. Desta forma, a questão em foco indagava se os estudantes consideravam ter compreendido os conteúdos abordados nas atividades desenvolvidas durante as aulas, e verificamos por meio dos

resultados que 87% (47 discentes), afirmaram que sim, entretanto, 13% (7 alunos) afirmaram que compreenderam em partes.

A penúltima questão almejava-se que os alunos atribuíssem uma nota pela metodologia utilizada nas aulas. A nota iria de 1 a 10 e para cada valor havia uma definição, assim 5,5% (3 alunos) conceituaram com nota 7, que representa a metodologia como satisfatória, 7,5% (4 alunos) atribuíram nota 8, que corresponde a metodologia como boa, 13% (7 alunos) avaliaram com nota 9, o que equivale classificar as práticas metodológicas como ótima e 74% (40 alunos) conferiram nota 10, que concebe a metodologia como excelente.

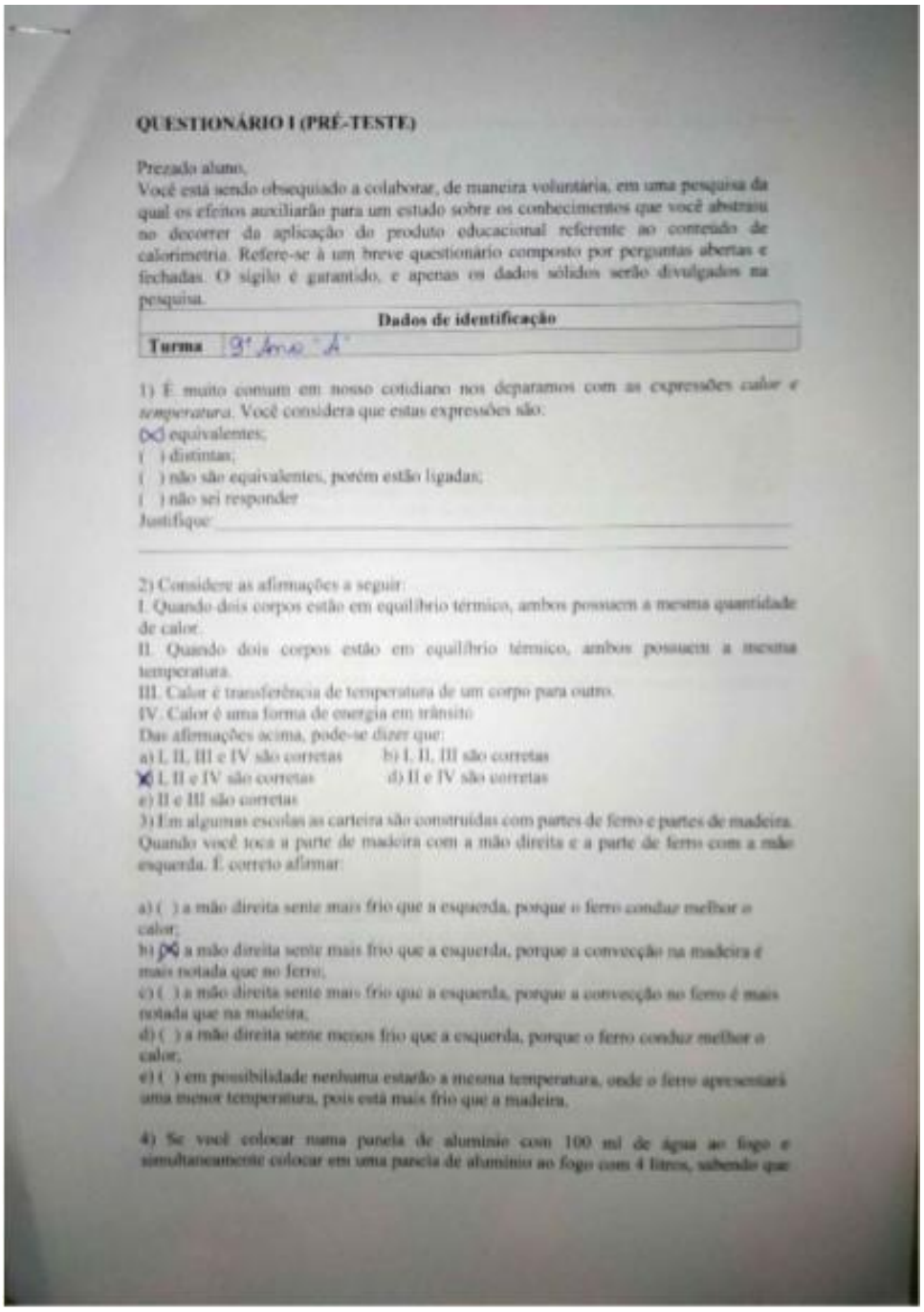
A oitava e última questão abordava sobre a contribuição da metodologia para a aprendizagem dos educandos, onde 90,7% (49 alunos) afirmaram que sim e outros 9,3% (5 estudantes) afirmaram que a metodologia contribuiu em partes.

A aplicação da sequência didática com a utilização do kit experimental composto por três experimentos teve uma ótima receptividade dos educandos, pois essa metodologia funcionou como um incentivo, uma motivação, uma maior interação entre os próprios discentes, além de ser um estímulo para explorar novas descobertas e, acima de tudo, ter favorecido o enriquecimento científico e cultural, colaborando para a aprendizagem significativa.

Em relação as atividades experimentais desenvolvidas no decorrer da aplicação desse trabalho, observamos o entusiasmo dos discentes, um envolvimento de todos nas execuções, confirmando assim, o que foi mencionado por Andrade et al. (2014) ao considerar que “a atividade experimental é uma ferramenta didática, que possibilita uma aprendizagem significativa, permitindo que o discente tenha uma visão diferente da física, pois a experimentação serve como um elo entre a teoria e a prática”.

Nosso trabalho propõe uma didática através de metodologias ativas baseadas em atividades experimentais, onde a dinâmica no decorrer das aulas está estritamente ligada ao sóciointeracionismo de Vygotsky, pois presume a interação entre os educandos e deles com o docente, além de ter o material procedimental como fundamental mecanismo para a construção do conhecimento. Apresentaremos algumas respostas dos questionários (pré e pós-teste), respondidos pelos alunos das turmas A e B, nas figuras 26 a 29.

Figura 26: Questionário inicial respondido por um aluno da turma A



QUESTIONÁRIO I (PRÉ-TESTE)

Prezado aluno,
Você está sendo obsequiado a colaborar, de maneira voluntária, em uma pesquisa da qual os efeitos auxiliarão para um estudo sobre os conhecimentos que você abstraiu no decorrer da aplicação do produto educacional referente ao conteúdo de calorimetria. Refere-se à um breve questionário composto por perguntas abertas e fechadas. O sigilo é garantido, e apenas os dados sólidos serão divulgados na pesquisa.

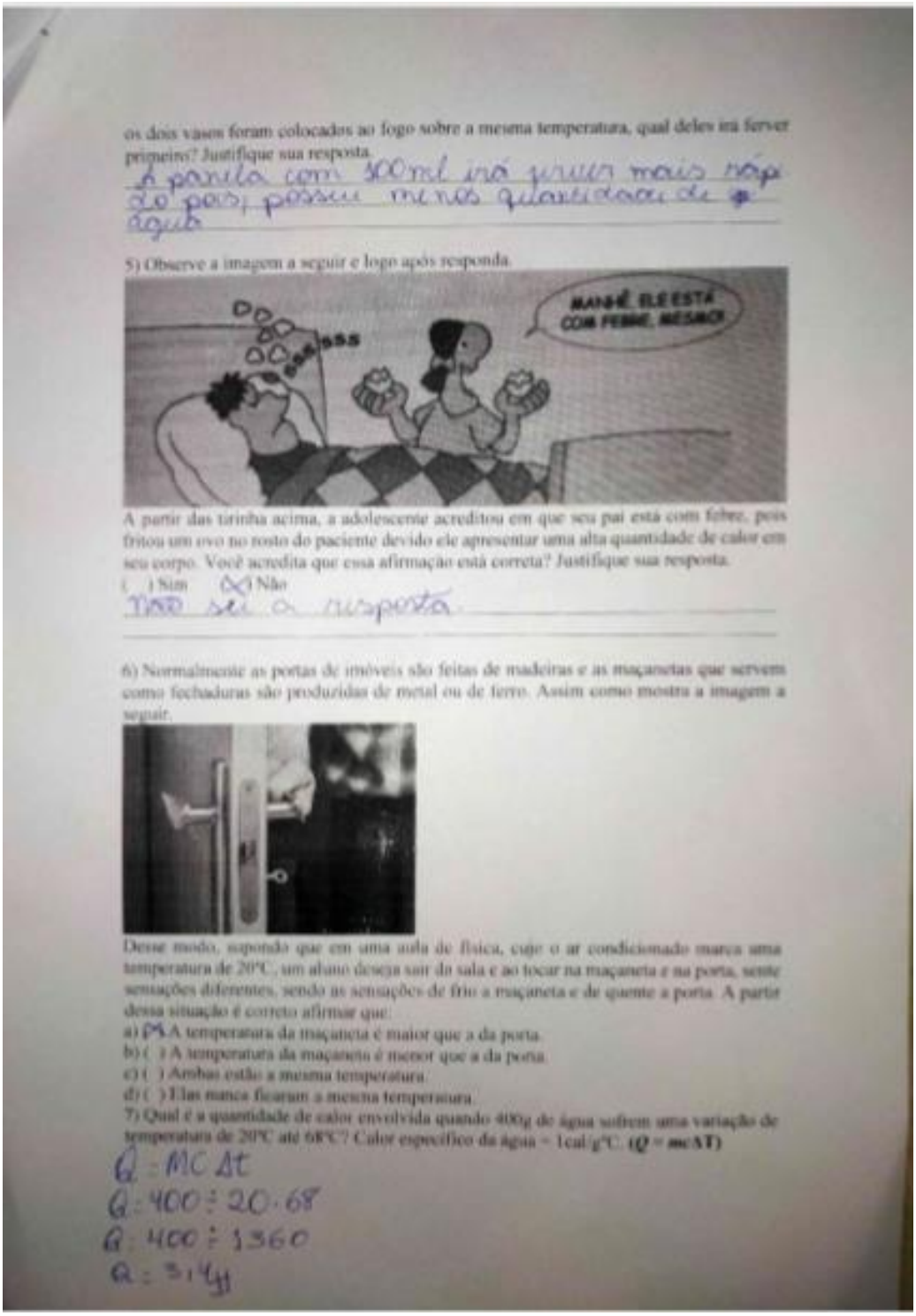
Dados de identificação	
Turma	9º Ano "A"

1) É muito comum em nosso cotidiano nos deparamos com as expressões *calor* e *temperatura*. Você considera que estas expressões são:
(X) equivalentes;
( ) distintas;
( ) não são equivalentes, porém estão ligadas;
( ) não sei responder
Justifique: _____

2) Considere as afirmações a seguir:
I. Quando dois corpos estão em equilíbrio térmico, ambos possuem a mesma quantidade de calor.
II. Quando dois corpos estão em equilíbrio térmico, ambos possuem a mesma temperatura.
III. Calor é transferência de temperatura de um corpo para outro.
IV. Calor é uma forma de energia em trânsito
Das afirmações acima, pode-se dizer que:
a) I, II, III e IV são corretas b) I, II, III são corretas
(X) I, II e IV são corretas d) II e IV são corretas
e) II e III são corretas
3) Em algumas escolas as carteira são construídas com partes de ferro e partes de madeira. Quando você toca a parte de madeira com a mão direita e a parte de ferro com a mão esquerda. É correto afirmar:

a) ( ) a mão direita sente mais frio que a esquerda, porque o ferro conduz melhor o calor;
b) (X) a mão direita sente mais frio que a esquerda, porque a convecção na madeira é mais notada que no ferro;
c) ( ) a mão direita sente mais frio que a esquerda, porque a convecção no ferro é mais notada que na madeira;
d) ( ) a mão direita sente menos frio que a esquerda, porque o ferro conduz melhor o calor;
e) ( ) em possibilidade nenhuma estarão a mesma temperatura, onde o ferro apresentará uma menor temperatura, pois está mais frio que a madeira.

4) Se você colocar numa panela de alumínio com 100 ml de água ao fogo e simultaneamente colocar em uma panela de alumínio ao fogo com 4 litros, sabendo que



os dois vasos foram colocados ao fogo sobre a mesma temperatura, qual deles irá ferver primeiro? Justifique sua resposta.

A panela com 500ml irá ferver mais rápido pois possui menos quantidade de água

5) Observe a imagem a seguir e logo após responda.

A partir das tirinha acima, a adolescente acreditou em que seu pai está com febre, pois fritou um ovo no rosto do paciente devido ele apresentar uma alta quantidade de calor em seu corpo. Você acredita que essa afirmação está correta? Justifique sua resposta.

( ) Sim (X) Não

Não sei a resposta

6) Normalmente as portas de imóveis são feitas de madeiras e as maçanetas que servem como fechaduras são produzidas de metal ou de ferro. Assim como mostra a imagem a seguir.

Desse modo, supondo que em uma aula de física, cujo o ar condicionado marca uma temperatura de 20°C, um aluno deseja sair da sala e ao tocar na maçaneta e na porta, sente sensações diferentes, sendo as sensações de frio a maçaneta e de quente a porta. A partir dessa situação é correto afirmar que:

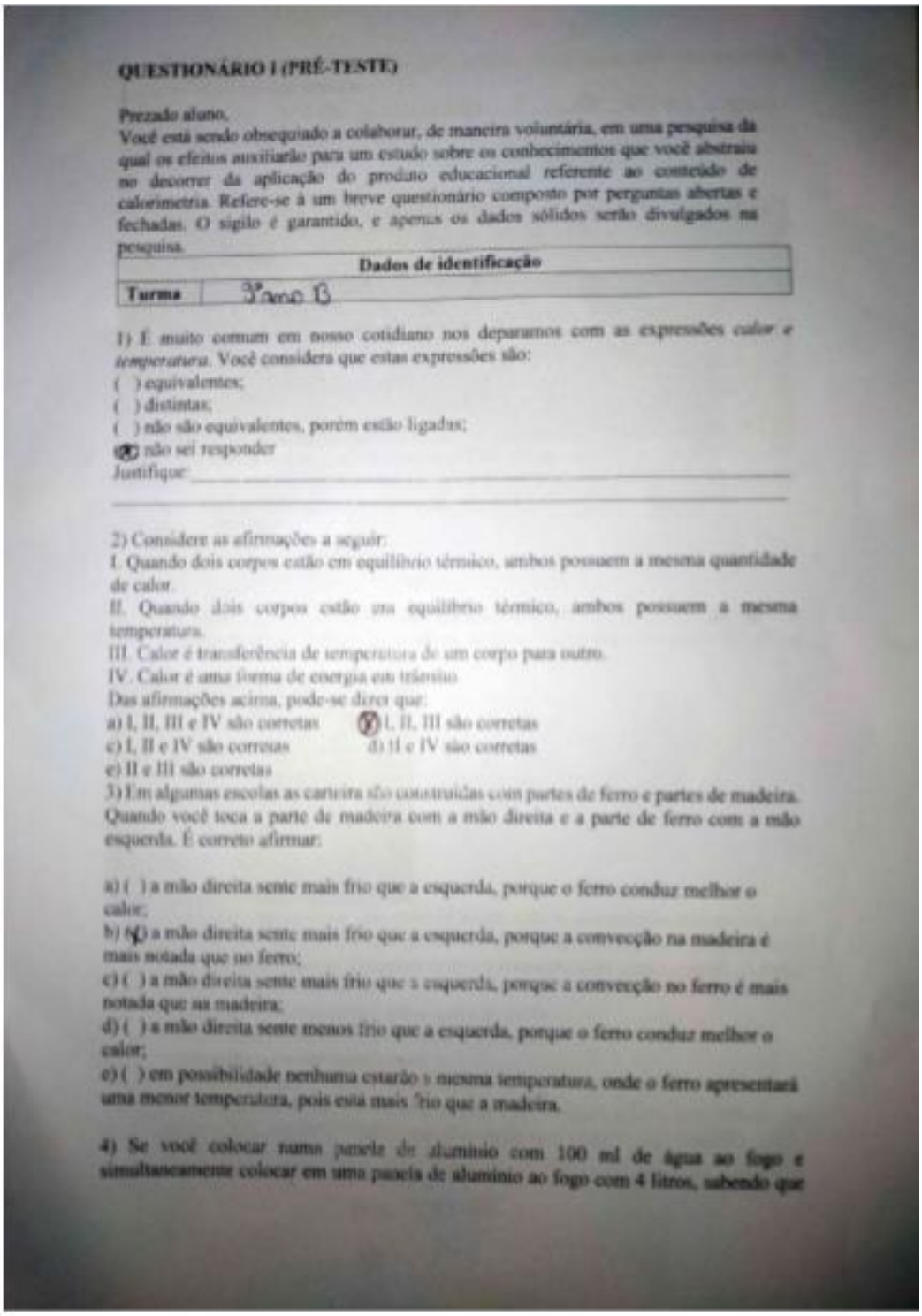
a) (X) A temperatura da maçaneta é maior que a da porta.
b) ( ) A temperatura da maçaneta é menor que a da porta.
c) ( ) Ambas estão a mesma temperatura.
d) ( ) Elas nunca ficaram a mesma temperatura.

7) Qual é a quantidade de calor envolvida quando 400g de água sofrem uma variação de temperatura de 20°C até 68°C? Calor específico da água = 1cal/g°C. (**Q = mcΔT**)

Q = MC Δt
Q = 400 ÷ 20 · 68
Q = 400 ÷ 1360
Q = 3,4

Fonte: próprio autor.

Figura 27: questionário pré-teste realizado por um aluno da turma B.



QUESTIONÁRIO I (PRÉ-TESTE)

Prezado aluno,
Você está sendo obsequiado a colaborar, de maneira voluntária, em uma pesquisa da qual os efeitos auxiliarão para um estudo sobre os conhecimentos que você abstraiu no decorrer da aplicação do produto educacional referente ao conteúdo de calorimetria. Refere-se à um breve questionário composto por perguntas abertas e fechadas. O sigilo é garantido, e apenas os dados sólidos serão divulgados na pesquisa.

Dados de identificação	
Turma	3º ano B

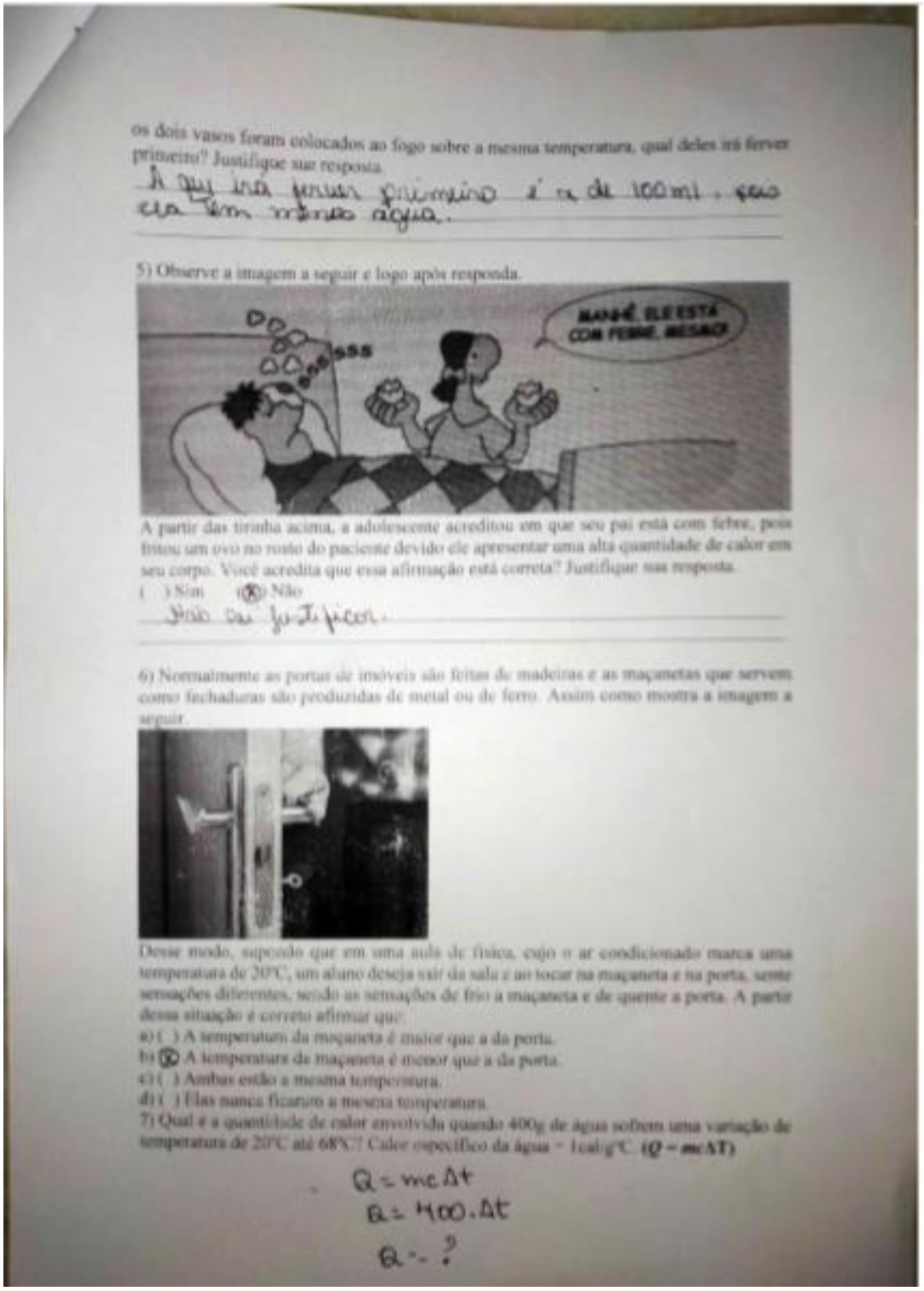
1) É muito comum em nosso cotidiano nos deparamos com as expressões *calor* e *temperatura*. Você considera que estas expressões são:
( ) equivalentes;
( ) distintas;
( ) não são equivalentes, porém estão ligadas;
(X) não sei responder
Justifique: _____

2) Considere as afirmações a seguir:
I. Quando dois corpos estão em equilíbrio térmico, ambos possuem a mesma quantidade de calor.
II. Quando dois corpos estão em equilíbrio térmico, ambos possuem a mesma temperatura.
III. Calor é transferência de temperatura de um corpo para outro.
IV. Calor é uma forma de energia em trânsito
Das afirmações acima, pode-se dizer que:
a) I, II, III e IV são corretas (X) I, II, III são corretas
c) I, II e IV são corretas d) II e IV são corretas
e) II e III são corretas

3) Em algumas escolas as carteira são construídas com partes de ferro e partes de madeira. Quando você toca a parte de madeira com a mão direita e a parte de ferro com a mão esquerda. É correto afirmar:

a) ( ) a mão direita sente mais frio que a esquerda, porque o ferro conduz melhor o calor;
b) (X) a mão direita sente mais frio que a esquerda, porque a convecção na madeira é mais notada que no ferro;
c) ( ) a mão direita sente mais frio que a esquerda, porque a convecção no ferro é mais notada que na madeira;
d) ( ) a mão direita sente menos frio que a esquerda, porque o ferro conduz melhor o calor;
e) ( ) em possibilidade nenhuma estarão a mesma temperatura, onde o ferro apresentará uma menor temperatura, pois está mais frio que a madeira.

4) Se você colocar numa panela de alumínio com 100 ml de água ao fogo e simultaneamente colocar em uma panela de alumínio ao fogo com 4 litros, sabendo que



os dois vasos foram colocados ao fogo sobre a mesma temperatura, qual deles irá ferver primeiro? Justifique sua resposta.

A que irá ferver primeiro é a de 100 ml, pois ela tem menos água.

5) Observe a imagem a seguir e logo após responda.

A partir das tirinha acima, a adolescente acreditou em que seu pai está com febre, pois fritou um ovo no rosto do paciente devido ele apresentar uma alta quantidade de calor em seu corpo. Você acredita que essa afirmação está correta? Justifique sua resposta.

( ) Sim (X) Não

Não sei justificar.

6) Normalmente as portas de imóveis são feitas de madeiras e as maçanetas que servem como fechaduras são produzidas de metal ou de ferro. Assim como mostra a imagem a seguir.

Desse modo, supondo que em uma aula de física, cujo o ar condicionado marca uma temperatura de 20°C, um aluno deseja sair da sala e ao tocar na maçaneta e na porta, sente sensações diferentes, sendo as sensações de frio a maçaneta e de quente a porta. A partir dessa situação é correto afirmar que:

a) ( ) A temperatura da maçaneta é maior que a da porta.

b) (X) A temperatura da maçaneta é menor que a da porta.

c) ( ) Ambas estão a mesma temperatura.

d) ( ) Elas nunca ficarão a mesma temperatura.

7) Qual é a quantidade de calor envolvida quando 400g de água sofrem uma variação de temperatura de 20°C até 68°C? Calor específico da água = 1cal/g°C. ($Q = mc\Delta T$)

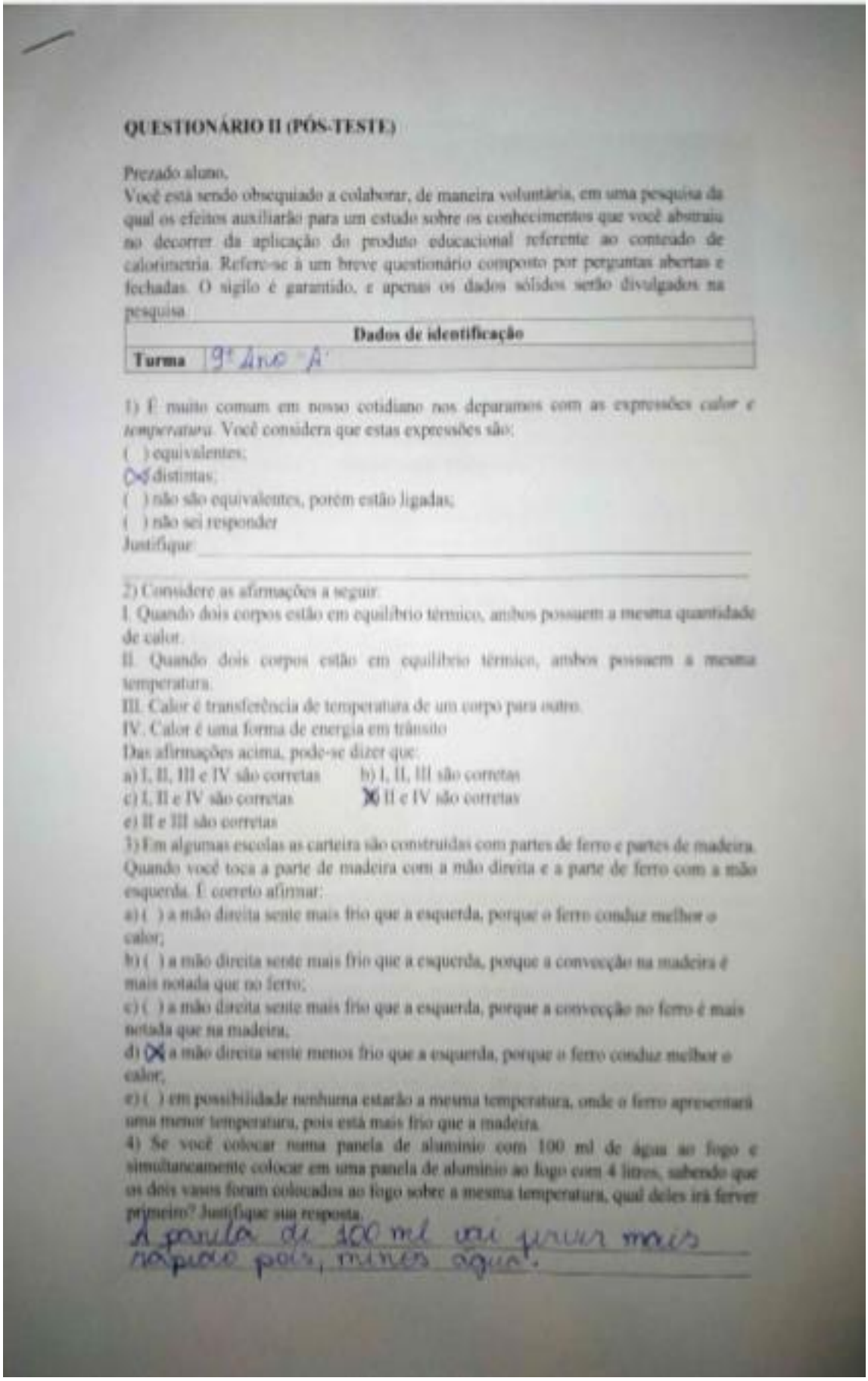
$Q = mc\Delta t$

$Q = 400.\Delta t$

$Q = ?$

Fonte: próprio autor.

Figura 28: questionário pós-teste resolvido por um estudante da turma A.



QUESTIONÁRIO II (PÓS-TESTE)

Prezado aluno,
Você está sendo obsequiado a colaborar, de maneira voluntária, em uma pesquisa da qual os efeitos auxiliarão para um estudo sobre os conhecimentos que você abstraiu no decorrer da aplicação do produto educacional referente ao conteúdo de calorimetria. Refere-se à um breve questionário composto por perguntas abertas e fechadas. O sigilo é garantido, e apenas os dados sólidos serão divulgados na pesquisa.

Dados de identificação	
Turma	9º Ano A

1) É muito comum em nosso cotidiano nos deparamos com as expressões *calor* e *temperatura*. Você considera que estas expressões são:
( ) equivalentes;
(X) distintas;
( ) não são equivalentes, porém estão ligadas;
( ) não sei responder
Justifique: _____

2) Considere as afirmações a seguir:
I. Quando dois corpos estão em equilíbrio térmico, ambos possuem a mesma quantidade de calor.
II. Quando dois corpos estão em equilíbrio térmico, ambos possuem a mesma temperatura.
III. Calor é transferência de temperatura de um corpo para outro.
IV. Calor é uma forma de energia em trânsito
Das afirmações acima, pode-se dizer que:
a) I, II, III e IV são corretas b) I, II, III são corretas
c) I, II e IV são corretas (X) II e IV são corretas
e) II e III são corretas

3) Em algumas escolas as carteira são construídas com partes de ferro e partes de madeira. Quando você toca a parte de madeira com a mão direita e a parte de ferro com a mão esquerda. É correto afirmar:
a) ( ) a mão direita sente mais frio que a esquerda, porque o ferro conduz melhor o calor;
b) ( ) a mão direita sente mais frio que a esquerda, porque a convecção na madeira é mais notada que no ferro;
c) ( ) a mão direita sente mais frio que a esquerda, porque a convecção no ferro é mais notada que na madeira;
d) (X) a mão direita sente menos frio que a esquerda, porque o ferro conduz melhor o calor;
e) ( ) em possibilidade nenhuma estarão a mesma temperatura, onde o ferro apresentará uma menor temperatura, pois está mais frio que a madeira.

4) Se você colocar numa panela de alumínio com 100 ml de água ao fogo e simultaneamente colocar em uma panela de alumínio ao fogo com 4 litros, sabendo que os dois vasos foram colocados ao fogo sobre a mesma temperatura, qual deles irá ferver primeiro? Justifique sua resposta.
A panela de 100 ml vai ferver mais rapido pois, menos agua.

5) Observe a imagem a seguir e logo após responda.

A partir das tirinha acima, a adolescente acreditou em que seu pai está com febre, pois fritou um ovo no rosto do paciente devido ele apresentar uma alta quantidade de calor em seu corpo. Você acredita que essa afirmação está correta? Justifique sua resposta.

( ) Sim (X) Não

A temperatura não é suficiente para fritar o ovo.

6) Normalmente as portas de imóveis são feitas de madeiras e as maçanetas que servem como fechaduras são produzidas de metal ou de ferro. Assim como mostra a imagem a seguir.

Desse modo, supondo que em uma aula de física, cujo o ar condicionado marca uma temperatura de 20°C, um aluno deseja sair da sala e ao tocar na maçaneta e na porta, sente sensações diferentes, sendo as sensações de frio a maçaneta e de quente a porta. A partir dessa situação é correto afirmar que:

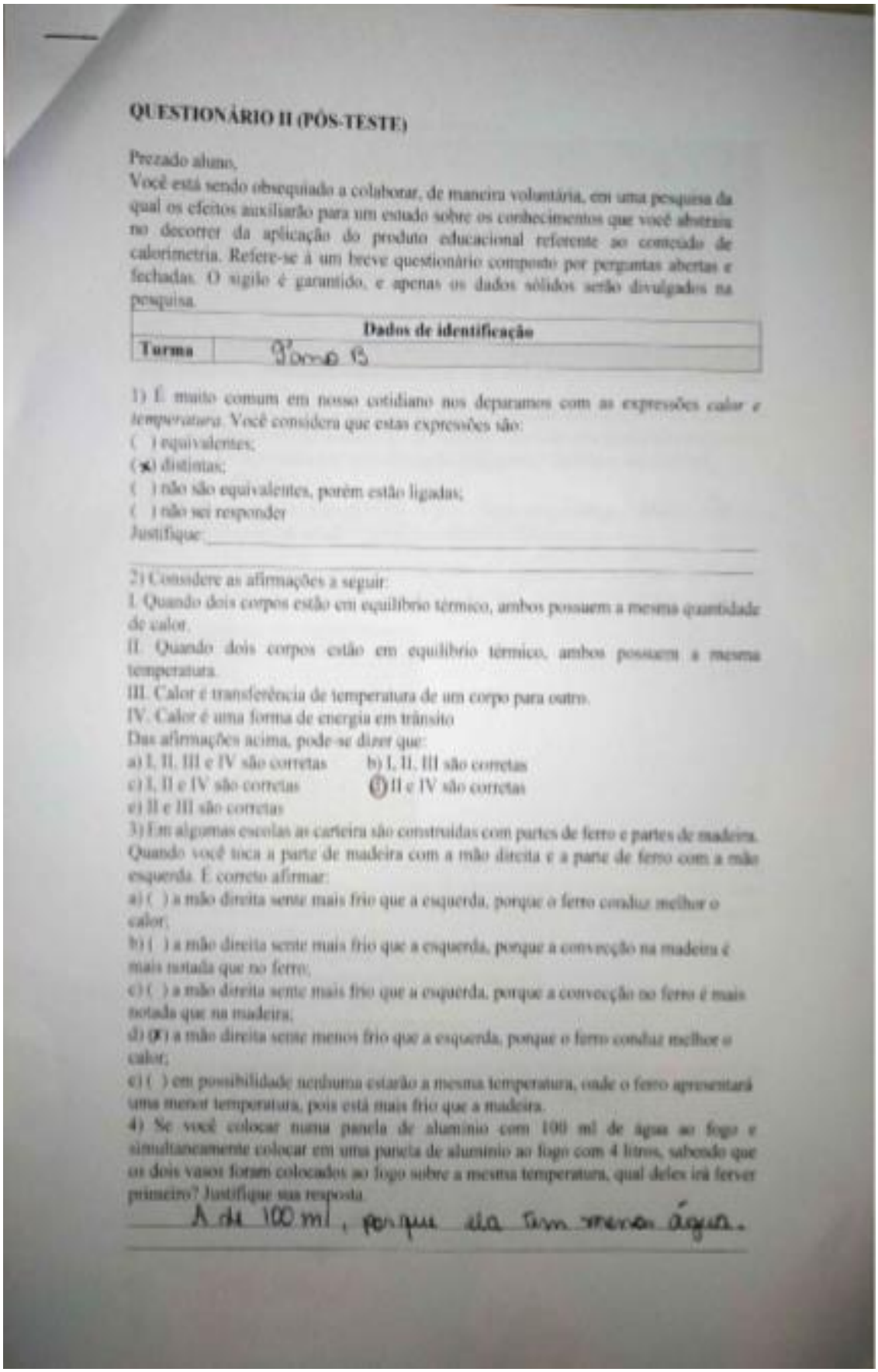
a) ( ) A temperatura da maçaneta é maior que a da porta.
b) ( ) A temperatura da maçaneta é menor que a da porta.
c) (X) Ambas estão a mesma temperatura.
d) ( ) Elas nunca ficaram a mesma temperatura.

7) Qual é a quantidade de calor envolvida quando 400g de água sofrem uma variação de temperatura de 20°C até 68°C? Calor específico da água = 1cal/g°C.

$Q = mc\Delta t$
$Q = 400 \cdot 1(t_f - t_i)$
$Q = 400 \cdot 1(68 - 20)$
$Q = 400 \cdot 1 \cdot 48$
$Q = 400 \cdot 48$
$Q = 19200$ cal

Fonte: próprio autor.

Figura 29: resolução do questionário pós-teste de um aluno da turma B



QUESTIONÁRIO II (PÓS-TESTE)

Prezado aluno,
Você está sendo obsequiado a colaborar, de maneira voluntária, em uma pesquisa da qual os efeitos auxiliarão para um estudo sobre os conhecimentos que você absteve no decorrer da aplicação do produto educacional referente ao conteúdo de calorimetria. Refere-se à um breve questionário composto por perguntas abertas e fechadas. O sigilo é garantido, e apenas os dados sólidos serão divulgados na pesquisa.

Dados de identificação	
Turma	Turma B

1) É muito comum em nosso cotidiano nos deparamos com as expressões *calor* e *temperatura*. Você considera que estas expressões são:
( ) equivalentes;
(x) distintas;
( ) não são equivalentes, porém estão ligadas;
( ) não sei responder
Justifique:

2) Considere as afirmações a seguir:
I. Quando dois corpos estão em equilíbrio térmico, ambos possuem a mesma quantidade de calor.
II. Quando dois corpos estão em equilíbrio térmico, ambos possuem a mesma temperatura.
III. Calor é transferência de temperatura de um corpo para outro.
IV. Calor é uma forma de energia em trânsito
Das afirmações acima, pode-se dizer que:
a) I, II, III e IV são corretas b) I, II, III são corretas
c) I, II e IV são corretas d) II e IV são corretas
e) II e III são corretas

3) Em algumas escolas as carteira são construídas com partes de ferro e partes de madeira. Quando você toca a parte de madeira com a mão direita e a parte de ferro com a mão esquerda. É correto afirmar:
a) ( ) a mão direita sente mais frio que a esquerda, porque o ferro conduz melhor o calor;
b) ( ) a mão direita sente mais frio que a esquerda, porque a convecção na madeira é mais notada que no ferro;
c) ( ) a mão direita sente mais frio que a esquerda, porque a convecção no ferro é mais notada que na madeira;
d) (x) a mão direita sente menos frio que a esquerda, porque o ferro conduz melhor o calor;
e) ( ) em possibilidade nenhuma estarão a mesma temperatura, onde o ferro apresentará uma menor temperatura, pois está mais frio que a madeira.

4) Se você colocar numa panela de alumínio com 100 ml de água ao fogo e simultaneamente colocar em uma panela de alumínio ao fogo com 4 litros, sabendo que os dois vasos foram colocados ao fogo sobre a mesma temperatura, qual deles irá ferver primeiro? Justifique sua resposta.
A de 100 ml, porque ela tem menos água.

5) Observe a imagem a seguir e logo após responda.

A partir das tirinha acima, a adolescente acreditou em que seu pai está com febre, pois fritou um ovo no rosto do paciente devido ele apresentar uma alta quantidade de calor em seu corpo. Você acredita que essa afirmação está correta? Justifique sua resposta.

( ) Sim (X) Não

Porque independente da temperatura dele, ele não conseguiria fritar ovo na pele.

6) Normalmente as portas de imóveis são feitas de madeiras e as maçanetas que servem como fechaduras são produzidas de metal ou de ferro. Assim como mostra a imagem a seguir.

Desse modo, supondo que em uma aula de física, cujo o ar condicionado marca uma temperatura de 20°C, um aluno deseja sair da sala e ao tocar na maçaneta e na porta, sente sensações diferentes, sendo as sensações de frio a maçaneta e de quente a porta. A partir dessa situação é correto afirmar que:

a) ( ) A temperatura da maçaneta é maior que a da porta.
b) ( ) A temperatura da maçaneta é menor que a da porta.
c) (X) Ambas estão a mesma temperatura
d) ( ) Elas nunca ficaram a mesma temperatura.

7) Qual é a quantidade de calor envolvida quando 400g de água sofrem uma variação de temperatura de 20°C até 68°C? Calor específico da água = 1cal/g°C.

$Q = mc\Delta t$

$Q = 400 . 1 (t_f - t_i)$

$Q = 400 . 1 . (68 - 20)$

$Q = 400 . 1 . 48$

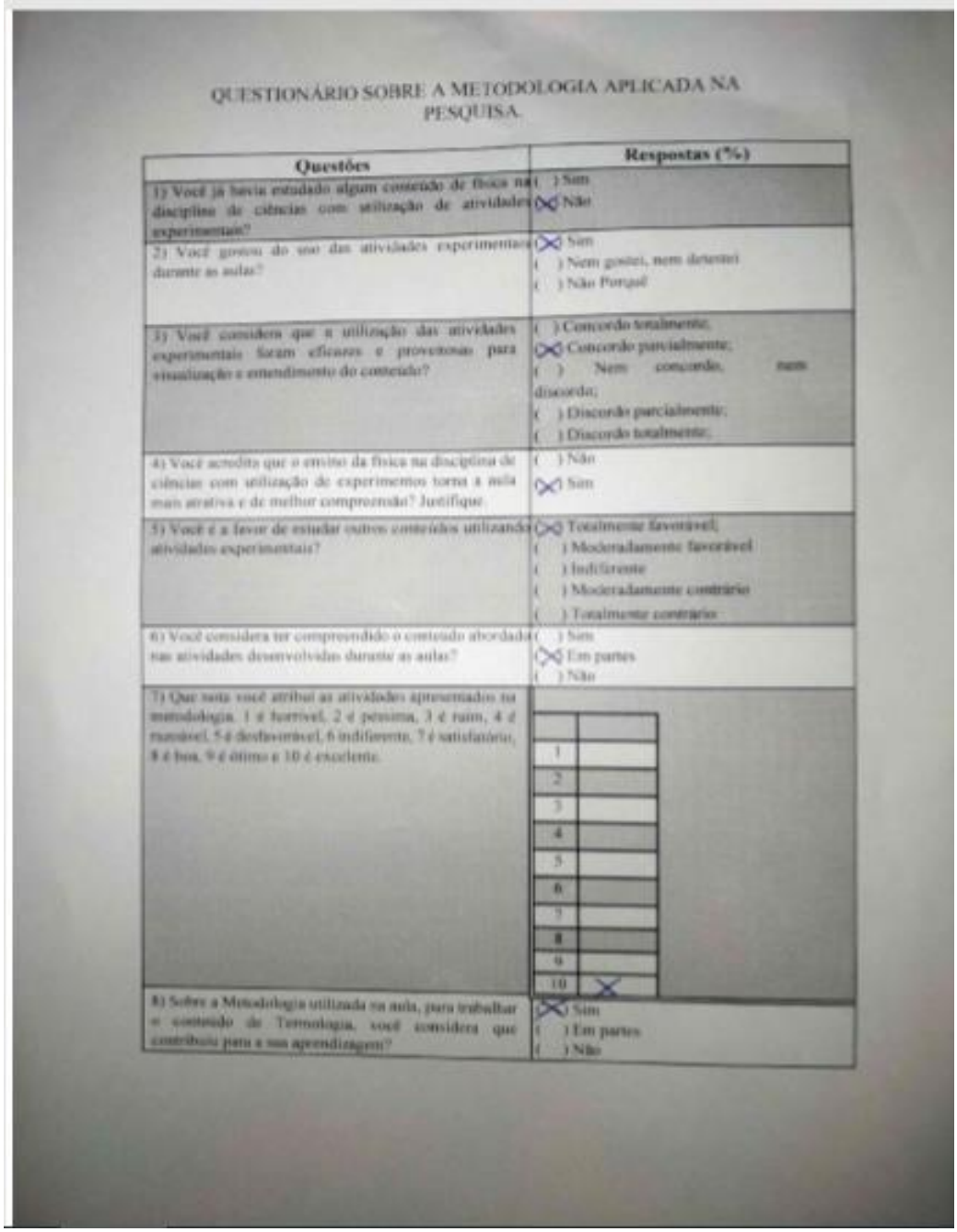
$Q = 400 . 48$

$Q = 19800$ cal

Fonte: próprio autor.

A figura 30 mostra a resolução por um aluno do questionário sobre a metodologia proposta pelo professor no decorrer da aplicação do produto educacional.

Figura 30: resolução do questionário sobre a metodologia realizado por um estudante.



QUESTIONÁRIO SOBRE A METODOLOGIA APLICADA NA PESQUISA.

Questões	Respostas (%)
1) Você já havia estudado algum conteúdo de física na disciplina de ciências com utilização de atividades experimentais?	( ) Sim (X) Não
2) Você gostou do uso das atividades experimentais durante as aulas?	(X) Sim ( ) Nem gostei, nem deixei ( ) Não Porque
3) Você considera que a utilização das atividades experimentais foram eficazes e proveitosas para visualização e entendimento do conteúdo?	( ) Concordo totalmente; (X) Concordo parcialmente; ( ) Nem concordo, nem discordo; ( ) Discordo parcialmente; ( ) Discordo totalmente;
4) Você acredita que o ensino da física na disciplina de ciências com utilização de experimentos torna a aula mais atrativa e de melhor compreensão? Justifique.	( ) Não (X) Sim
5) Você é a favor de estudar outros conteúdos utilizando atividades experimentais?	(X) Totalmente favorável; ( ) Moderadamente favorável ( ) Indiferente ( ) Moderadamente contrário ( ) Totalmente contrário
6) Você considera ter compreendido o conteúdo abordado nas atividades desenvolvidas durante as aulas?	( ) Sim (X) Em partes ( ) Não
7) Que nota você atribui as atividades apresentadas na metodologia. 1 é horrível, 2 é pessima, 3 é ruim, 4 é razoável, 5 é desfavorável, 6 indiferente, 7 é satisfatório, 8 é boa, 9 é ótimo e 10 é excelente.	1 ( ) 2 ( ) 3 ( ) 4 ( ) 5 ( ) 6 ( ) 7 ( ) 8 ( ) 9 ( ) 10 (X)
8) Sobre a Metodologia utilizada na aula, para trabalhar o conteúdo de Termologia, você considera que contribuiu para a sua aprendizagem?	(X) Sim ( ) Em partes ( ) Não

Fonte: próprio autor

Ao desenvolvermos esse trabalho tínhamos como objetivo avolumar uma ferramenta pedagógica que viesse a tirar o aluno de uma inércia e que pudesse transformá-lo em um participante ativo, já que “uma das características elencadas pelo ensino de ciências por

metodologias ativas é proporcionar a participação ativa dos estudantes, por intermédio da mediação do professor" (SÁ, LIMA e AGUIAR JR, 2011), e essa maior participação deles proporcionou um aprendizado comprovado nos resultados supracitados.

É imprescindível aludir também que metodologias ativas por meio de sequências didáticas experimentais, são mencionadas na literatura como sendo bastante proveitosa em favorecer a aprendizagem, onde no trabalho de Barbosa, 2016, no trabalho do referido autor, cujo além de trabalhar com a experimentação, trabalhou com os teóricos de aprendizagem Lev Vygotsky e Ausubel, menciona que, para que os alunos pudessem reproduzir o trabalho, tutoriais foram preparados baseados na teoria de aprendizagem de David Ausubel e na teoria de Vygotsky. A aplicação do experimento foi por meio da metodologia de projetos e a avaliação da aprendizagem, por meio de mapas conceituais. O calorímetro associado à um software de aquisição de dados tornou possível o estudo da calorimetria. Os resultados corroboraram para aplicabilidade da metodologia no ensino médio, mostrando-se um grande potencial tanto nas medidas experimentais como na contribuição da aprendizagem significativa.

Em outro trabalho de práticas experimentais, Oliveira 2018, o autor frisa que por meio da análise dos dados levantados durante a pesquisa foi possível constatar que as atividades de estudo contribuíram para o desenvolvimento do ensino-aprendizagem de conceitos da física térmica, na medida em que desenvolve a capacidade de observação dos estudantes, possibilitaram a compreensão conceitual e contribuíram para que estabelecessem relações entre a física e o cotidiano.

Outros autores que trabalham na mesma linha de metodologias ativas, e com a utilização da teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, como, Locatelli e Carvalho, 2007; Cappechi e Carvalho, 2006; Cappechi, 2004, retratam que essa metodologia realmente constrói conhecimentos, a trabalhar em conjunto e a argumentar de modo cada vez mais sólido, uma vez que os alunos vão se aprofundando com o assunto trabalhado e com o tipo de atividade.

Portanto, a partir dos resultados obtidos e comentários feitos pelos alunos em nosso trabalho, o mesmo mostra-se como a integração entre as duas teorias de aprendizagem, acarretando ser bem eficaz partindo da premissa dos conhecimentos dos alunos averiguados através dos questionários iniciais, passando pelo sóciointeracionismo de Vygotsky, momentos esses que trabalharam por meio de aprendizagens colaborativas, pela aplicação do produto, até realização do segundo questionário, o pós-teste, onde verificou-se que a teoria aliada com a prática culminou-se em um ensino-aprendizado mais satisfatório, proporcionando consequentemente uma aprendizagem significativa.

CONCLUSÕES

Este trabalho apresenta uma metodologia de ensino para a componente curricular de ciências na área da física no formato de produto educacional, que é composta pela produção e execução de uma sequência de ensino auxiliada por um kit de experimentos compostos por três experiências, sendo-as: 1) O tato nos fornece a sensação térmica ou a temperatura de um corpo; 2) Hastes de madeira *versus* haste de ferro, e a 3) Calor x temperatura, experimentos estes voltados para os estudantes do 9º ano do ensino fundamental, a fim de mostrar a real ligação entre teoria e prática. É importante salientar que o produto educacional é composto por mais três atividades práticas sobre transmissão de calor, que não são mencionadas por não terem sido aplicadas aos estudantes devido ao recesso das aulas, muito embora tenham sido testadas pelo pesquisador.

A sequência didática com aplicação de experimentos dentro das metodologias ativas é direcionada para a atuação de um discente mais ativo, mais participativo, cujo centro do ensino e da aprendizagem passa a ser o aluno, e o professor passa a atuar como mediador, facilitador e ativador. Este tipo de metodologia possibilita que o aluno se torna construtor do próprio conhecimento.

Dentro da sequência foram aplicados três experimentos nos temas de Termologia presentes no currículo do ensino fundamental II mais precisamente em turmas do 9° ano com o propósito de aproximar os conteúdos trabalhados em sala de aula com a realidade dos discentes, tendo em vista que, um dos pontos geradores da desmotivação dos alunos quanto a disciplina é o fato de verem a ciências/física como algo muito distante de sua realidade, desconectada totalmente das situações vividas no cotidiano. Para tanto, o trabalho fundamentou-se em duas teorias educacionais de ensino, sendo a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e a Teoria Sociointeracionista de Vygotsky. Nesse sentido, o trabalho possibilitou uma aprendizagem significativa durante todo processo, de maneira progressiva e integradora, e com etapas coletivas e interacionistas por meio de aluno-aluno e aluno-professor, trabalhou-se através da interação social, permitindo um aprendizado mútuo entre todos participantes.

Com a aplicação e através dos resultados obtidos, observamos que a proposta propiciou um entendimento e compreensão dos conteúdos pertinentes a Termologia. É de extrema relevância mencionarmos a importância do primeiro questionário, denominado pré-teste, pois foi ele que nos norteou a respeito dos conhecimentos prévios dos discentes, sendo como pontes para que pudéssemos relaciona-los com os conhecimentos posteriores adquiridos por eles, pois a partir dele, nos organizamos e nos planejamos, sempre tendo como base os conhecimentos já

constituídos na estrutura cognitiva dos educandos. Com relação a prática experimental, foi notória a motivação, o entusiasmo e o interesse dos alunos no contato e no manuseio que foi fundamental também para resolver a situação problematizora que originava a atividade experimental. A referida situação problematizadora, foram questões indagadas aos discentes antes de iniciar as aulas práticas e teóricas. Além do mais, com essa ferramenta foi possível fugir daquela rotina da maioria das escolas, em lecionar a devida disciplina de forma monótona, sempre usando os mesmos utensílios, o que gera, em muitos casos, uma rejeição por parte dos educandos. Utilizar essa metodologia como parte do processo pedagógico é fundamental, pois os conteúdos estudados juntos com a sequência proposta, torna as aulas mais dinâmicas, inovadoras e mais proveitosas no que condiz ao ensino e aprendizagem, tornando o aluno protagonista principal do processo educativo.

Por fim, acreditamos que este trabalho contribua significantemente para o ensino aprendizagem dos estudantes, especialmente nos temas pertinentes aos conteúdos de termologia, e que essa prática ou recurso metodológico possa ser expandido e realizado por outros educadores, afim de obterem bons resultados de aprendizagem de seus alunos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, C.V.; STACHAK, M., **A importância de aulas experimentais no processo ensino-aprendizagem em física: "eletricidade". XVI simpósio nacional de ensino de física**, Rio de Janeiro, 2005.

ABIB, M. L. V. S., **Avaliação e melhoria da aprendizagem em Física**. In. CARVALHO, A. M. P. (Coord.) Ensino de Física. São Paulo: Cengage Learning, 2010, p. 141-158.

ANDRADE, G.G.F; MENDES, B.B.C; BRITO, A.C.A; LIMA, J.R.T; RÊGO BARROS, K.C.T.F. **Experimentando a óptica: uma nova perspectiva para o ensino de física em turmas de ensino médio.** Congreso Ibero-americano de Ciencia, Tecnologia, Innovación y Educación. Buenos Aires – Argentina, 2014.

ARAÚJO, M. ST.; ABIB, M. L. V. S. **Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades.** Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 25, n. 2, p. 176-194, abr / jun, 2003.

AUSUBEL, D. P. **Algunos aspectos psicológicos de la estrutuctura del conocimiento**. Buenos Aires: El Ateneo, 1973.

Ausubel, D.P.; Novak, J.D.; Hanesian, J. **Psicologia educacional**. Rio de Janeiro, Interamericana, 1980.

BARBOSA, R. R., **Desenvolvimento de um calorímetro utilizando uma placa de hardware para o ensino de física.** Dissertação (Mestrado – programa de Pós-Graduação de Mestrado profissional em Ensino de Física) – Universidade estadual de Maringá, 2016.

Bigge, M. L., T**eorias da aprendizagem para professores**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 1977.

BLOSSER, P. E., **O papel do laboratório no ensino de ciências.** (Traduzido por MOREIRA, M. A.). Caderno Catarinense de Ensino de Física, p. 74-78, 1988.

BRASIL. Ministério da Educação, **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília: MEC/SEB, 2000.

BRASIL, MEC, SEMTEC, **Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio** - PNLEM/2007.

BOLZAN, D. **Formação de Professores – compartilhando e reconstruindo conhecimentos,** Porto Alegre: Mediação, 2002.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+): Física**. Brasília: MEC/SEMTEC, 2002a, disponível em: http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf, Acesso em: 29 de Agosto de 2019.

BRASIL. Ministério da Educação. **Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias.** Brasília: MEC 2002b. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf, Acesso em: 29 setembro, 2019.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **PCN: Parâmetros Curriculares Nacionais - ensino médio: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Brasília: MEC, 1999.

CARVALHO, Anna Maria P. de**. Critérios estruturantes para o ensino das ciências,** Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática. Anna Maria Pessoa de Carvalho (Org.), São Paulo. Pioneira Thomson, 2006, p. 1-17.

CARVALHO, Anna. Maria. P. de. et al. **Ciências no ensino fundamental: o conhecimento físico.** São Paulo: Scipione, 1998.

CASTRO, F. **Escassez de laboratórios de ciências nas escolas brasileiras limita interesse dos alunos pela física,** Revista: Educação edição 239. Disponível em: http://www.revistaeducacao.com.br/escassez-de-laboratorios-deciencias-nas-escolasbrasileiras-limita-interesse-dos-alunos-pela-fisica. Acessado em: 20 de setembro de 2019.

CHAVES, E. M. **Experimentando a termologia: uma proposta para ensino de física, em turmas de ensino médio.** Dissertação (Mestrado – programa de Pós-Graduação de Mestrado profissional em Ensino de Física) – Universidade de Brasília, 2015.

ÇENGEL, Y. A.; GHAJAR, A. J. **Transferência de Calor e Massa: uma abordagem prática**, 4 ed. Porto Alegre: AMGH, 2012.

ESTEBAN, Maria Teresa. **Repensando o fracasso escolar**. Cadernos Cedes, Campinas: Papirus, (28): 75-86, 1992.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido,** São Paulo: Paz e Terra, 2009.

FREITAS, M. T. A. O pensamento de Vygotsky nas reuniões da ANPEd (1998-2003. **Educação e Pesquisa,** São Paulo, v.30, n. 1, p.109-138, jan./abr. 2004. GEHLEN, S.T.;

FOLMER, V., **As Concepções Dos Estudantes Acerca Da Natureza Do Conhecimento Científico: Confronto Com A Experimentação**. Porto Alegre. IV Mostra De Pesquisa Da Pós-graduação – PUC RS, p. 569-571, 2007.

GEHLEN, S. T.; MACHADO, A.; AUTH, M. A. Freire e Vygotsky no Simpósio Nacional de Ensino de Física. In: **XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física**, Vitória, 2009.

GEWANDSZNAJDER, F. Projeto Teláris: ciências: ensino fundamental 2: **Ciências, matéria e energia**/ Fernando Gewandsznajder, - 2. Ed. – São Paulo Ática, 2015.

GUIMARÃES, C. C. (2009). **Experimentação no Ensino de Química**: Caminhos e Descaminhos Rumo à Aprendizagem Significativa, Química Nova na Escola, vol. 31, n.3, p. 198. Acesso em 22 de nov., 2019.
http://webeduc.mec.gov.br/portaldoprofessor/quimica/sbq/QNEsc31_3/08-RSA-4107.pdf.

HALLIDAY David, 1916-2010 Fundamentos de física, volume 2: **Gravitação, ondas e termodinâmica** / David Halliday, Robert Resnick, JearlWalker ; tradução e revisão técnica Ronaldo Sérgio de Biasi. – Rio de Janeiro: LTC, 2012.

HIGA, Ivanilda; OLIVEIRA, Odisséa Boaventura de. **A experimentação nas pesquisas sobre o ensino de Física: fundamentos epistemológicos e pedagógicos.** Educar em Revista, n. 44, p. 75-92, 2012. Disponível em:
http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104- 40602012000200006. Acesso em: 05 Abril, 2020

JÓFILI, Zélia. Piaget, Vygotsky, Freire e a construção do conhecimento na escola. **Educação: teorias e Práticas,** v. 2, n, p. 191-208, dez 2002.

LABURÚ, C.E. **Fundamentos para um experimento cativante.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 23, n. 3, p. 382, 2006.

MICHELENA, J. B**. física térmica: uma abordagem histórica e experimental.** Dissertação (Mestrado – programa de Pós Graduação de Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008

MOREIRA, M. A. Teorias da Aprendizagem. São Paulo: EPU, 1999.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa: um conceito subjacente. **Aprendizagem Significativa em Revista/Meaningful Learning Review,** v.1, n.3, p. 25-46, 2011.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S**. Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. 2. ed. São Paulo: Centauro, 2006.

MOREIRA, M. A.; ROSA, P. R. S**. Pesquisa em Ensino: Métodos Qualitativos e Quantitativos**, 2ªed. Porto Alegre: Instituto de Física, UFRGS, p.83f, 2009. Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/~moreira/Subsidios11.pdf. Acesso em: 10 outubro de 2019.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica:** Fluidos, Oscilações e Ondas, Calor (Volume 2). 4 ed. São Paulo: Edgar Blucher, p. 314f, 2002.

OLIVEIRA, M.K. Vygotsky: aprendizado e desenvolvimento; um processo sócio histórico. São Paulo; Scipione, 1998.

POZO, J. I.; CRESPO, M. A.G. A, aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento: **do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico,** 5ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

REGO, T. C. Vygotsky: **uma perspectiva histórico-cultural da educação**, 16. ed. Petrópolis: Vozes, 2004.

RESENDE, Muriel L. M., *Vygotsky:* um olhar sociointeracionista do desenvolvimento da língua escrita. Disponível em: http://www.psicopedagogia.com.br/artigos/artigo.asp?entrID=1195, Publicado 25/11/2009.

RICARDO, E.C.; FREIRE, J.C.A., A concepção dos alunos sobre a física do ensino médio: um estudo exploratório, **Revista Brasileira de Ensino de Física**. v. 29, n.2, p. 251-266, 2007.

ROSA, C. W; PEREZ, C. A. S; DRUM, C., **Ensino de física nas séries iniciais: concepções da prática docente**. Investigações em Ensino de Ciências, v. 12, n. 3, p. 5, 2016.

SA, E. F. ; LIMA, M. E. C. C.; AGUIAR JUNIOR, O. G. . **A construção de sentidos para o termo ensino por investigação no contexto de um curso de formação.** Investigações em Ensino de Ciências (Online), v. 16, p. 79-102, 2011.

SANGOI, T.F**. Uma proposta de integração teoria/experimento para o ensino de Termofísica nas escolas de ensino médio: Dilatação térmica.** Dissertação (Mestrado – programa de Pós Graduação de Mestrado Profissional em Ensino de Física e de Matemática) – Centro Universitário Franciscano, 2012.

SCHROEDER, E.; DELIZOICOV, D. A abordagem histórico-cultural no encontro nacional de pesquisa em educação em ciências, **VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciência**s. Florianópolis, 2007.

SCORSATTO, M.C; DULLIUS, M. M e KONRAD, O., **Uma Abordagem Alternativa para o Ensino da Física:** Consumo Racional de Energia, 2009.

SERÉ, M. G. et al. **O papel da experimentação no Ensino da Física**, Caderno Brasileiro Ensino da Física, v. 20, n. 1, abr. 2003, p. 30-42. Disponível em: www.paulorosa.docente.ufms.br/Pratica_III/Sere_Coelho_Nunes_o_papel_experimentacao, Acesso em: 05 Abr. 2020.

SOARES, José Itamar. **Atividades Experimentais no Ensino de Física: as concepções dos professores de física do CEFET-PI.** Dissertação apresentada ao Programa de PósGraduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Luterana do Brasil para obtenção do Título de mestre em Ensino de Ciências e Matemática. Canoas-RS, 2010.

SILVA, Vanderlei Generoso da, **Aplicação da metodologia do trabalho em grupo cooperativo no ensino de física** / Vanderlei Generoso da Silva. - Viçosa, MG, 2015.

VALADARES E. C; MOREIRA, A.M., **Ensinando Física Moderna para o Segundo Grau: Efeito Fotoelétrico, Laser e Emissão de Corpo Negro.** Caderno Catarinense de Ensino de Física 15 (2), 1998, p. 359-37.

VALADARES, Jorge, **A teoria da aprendizagem significativa como teoria construtivista.** Aprendizagem Significativa em Revista, v. 1, n. 1, 2011, p. 36-57.

TAVARES, Romero. **Aprendizagem significativa**. Revista conceitos, v. 55, n. 10, 2004.
VICENZI, S. Dissertação: **Difração e Interferência para professores do ensino Médio.** Mestrado profissional em ensino de física. Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2007.

Vygotsky, L. S., **A formação social da mente.** São Paulo: Martins Fontes Editora, 1989**.**

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A., Física II, Sears e Zemansky: **Termodinâmica e ondas**, 14. Ed. – são Paulo: Pearson Education do Brasil, 2016.

ANEXOS: QUESTIONÁRIOS

QUESTIONÁRIO I (PRÉ-TESTE)

QUESTIONÁRIO I (PRÉ-TESTE)

Prezado aluno,
Você está sendo obsequiado a colaborar, de maneira voluntária, em uma pesquisa da qual os efeitos auxiliarão para um estudo sobre os conhecimentos que você abstraiu no decorrer da aplicação do produto educacional referente ao conteúdo de calorimetria. Refere-se à um breve questionário composto por perguntas abertas e fechadas. O sigilo é garantido, e apenas os dados sólidos serão divulgados na pesquisa.

Dados de identificação	
Turma	

1) É muito comum em nosso cotidiano nos deparamos com as expressões *calor e temperatura*. Você considera que estas expressões são:
( ) equivalentes;
( ) distintas;
( ) não são equivalentes, porém estão ligadas;
( ) não sei responder
Justifique:_____
_____

2) Considere as afirmações a seguir:
I. Quando dois corpos estão em equilíbrio térmico, ambos possuem a mesma quantidade de calor.
II. Quando dois corpos estão em equilíbrio térmico, ambos possuem a mesma temperatura.
III. Calor é transferência de temperatura de um corpo para outro.
IV. Calor é uma forma de energia em trânsito
Das afirmações acima, pode-se dizer que:
a) I, II, III e IV são corretas b) I, II, III são corretas
c) I, II e IV são corretas d) II e IV são corretas
e) II e III são corretas
3) Em algumas escolas as carteira são construídas com partes de ferro e partes de madeira. Quando você toca a parte de madeira com a mão direita e a parte de ferro com a mão esquerda. É correto afirmar:

a) ( ) a mão direita sente mais frio que a esquerda, porque o ferro conduz melhor o calor;
b) ( ) a mão direita sente mais frio que a esquerda, porque a convecção na madeira é mais notada que no ferro;
c) ( ) a mão direita sente mais frio que a esquerda, porque a convecção no ferro é mais notada que na madeira;
d) ( ) a mão direita sente menos frio que a esquerda, porque o ferro conduz melhor o calor;
e) ( ) em possibilidade nenhuma estarão a mesma temperatura, onde o ferro apresentará uma menor temperatura, pois está mais frio que a madeira.

4) Se você colocar numa panela de alumínio com 100 ml de água ao fogo e simultaneamente colocar em uma panela de alumínio ao fogo com 4 litros, sabendo que os dois vasos foram

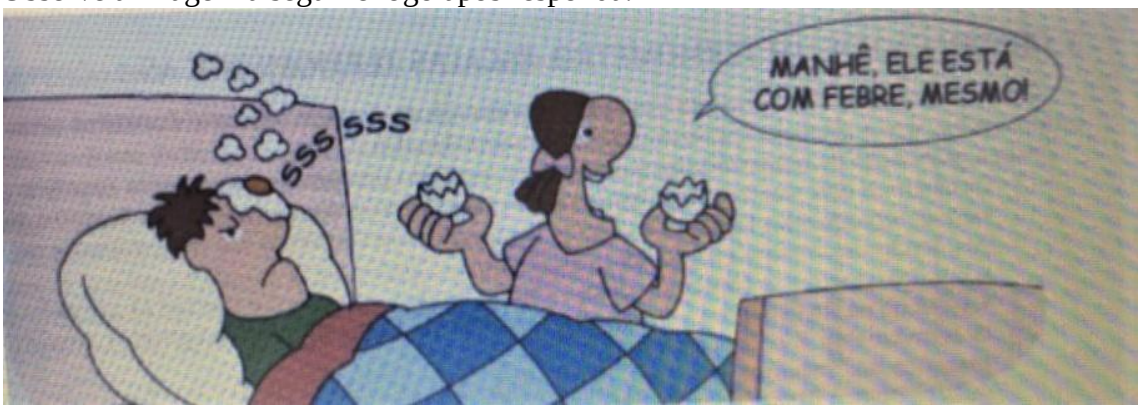
colocados ao fogo sobre a mesma temperatura, qual deles irá ferver primeiro? Justifique sua resposta.

_____

_____

_____

5) Observe a imagem a seguir e logo após responda.



A partir das tirinha acima, a adolescente acreditou em que seu pai está com febre, pois fritou um ovo no rosto do paciente devido ele apresentar uma alta quantidade de calor em seu corpo. Você acredita que essa afirmação está correta? Justifique sua resposta.

( ) Sim ( ) Não

_____

_____

6) Normalmente as portas de imóveis são feitas de madeiras e as maçanetas que servem como fechaduras são produzidas de metal ou de ferro. Assim como mostra a imagem a seguir.

Desse modo, supondo que em uma aula de física, cujo o ar condicionado marca uma temperatura de 20ºC, um aluno deseja sair da sala e ao tocar na maçaneta e na porta, sente sensações diferentes, sendo as sensações de frio na maçaneta e de quente na porta. A partir dessa situação é correto afirmar que:

a) ( ) A temperatura da maçaneta é maior que a da porta.
b) ( ) A temperatura da maçaneta é menor que a da porta.
c) ( ) Ambas estão a mesma temperatura.
d) ( ) Elas nunca ficaram a mesma temperatura.

7) Qual é a quantidade de calor envolvida quando 400g de água sofrem uma variação de temperatura de 20ºC até 68ºC? Calor específico da água = 1cal/gºC. **($Q = mc\Delta T$)**

QUESTIONÁRIO II (PÓS-TESTE)

Prezado aluno,
Você está sendo obsequiado a colaborar, de maneira voluntária, em uma pesquisa da qual os efeitos auxiliarão para um estudo sobre os conhecimentos que você abstraiu no decorrer da aplicação do produto educacional referente ao conteúdo de calorimetria. Refere-se à um breve questionário composto por perguntas abertas e fechadas. O sigilo é garantido, e apenas os dados sólidos serão divulgados na pesquisa.

Dados de identificação	
Turma	

1) É muito comum em nosso cotidiano nos deparamos com as expressões *calor e temperatura*. Você considera que estas expressões são:
( ) equivalentes;
( ) distintas;
( ) não são equivalentes, porém estão ligadas;
( ) não sei responder
Justifique:_____
_____

2) Considere as afirmações a seguir:
I. Quando dois corpos estão em equilíbrio térmico, ambos possuem a mesma quantidade de calor.
II. Quando dois corpos estão em equilíbrio térmico, ambos possuem a mesma temperatura.
III. Calor é transferência de temperatura de um corpo para outro.
IV. Calor é uma forma de energia em trânsito
Das afirmações acima, pode-se dizer que:
a) I, II, III e IV são corretas b) I, II, III são corretas
c) I, II e IV são corretas d) II e IV são corretas
e) II e III são corretas

3) Em algumas escolas as carteira são construídas com partes de ferro e partes de madeira. Quando você toca a parte de madeira com a mão direita e a parte de ferro com a mão esquerda. É correto afirmar:
a) ( ) a mão direita sente mais frio que a esquerda, porque o ferro conduz melhor o calor;
b) ( ) a mão direita sente mais frio que a esquerda, porque a convecção na madeira é mais notada que no ferro;
c) ( ) a mão direita sente mais frio que a esquerda, porque a convecção no ferro é mais notada que na madeira;
d) ( ) a mão direita sente menos frio que a esquerda, porque o ferro conduz melhor o calor;
e) ( ) em possibilidade nenhuma estarão a mesma temperatura, onde o ferro apresentará uma menor temperatura, pois está mais frio que a madeira.

4) Se você colocar numa panela de alumínio com 100 ml de água ao fogo e simultaneamente colocar em uma panela de alumínio ao fogo com 4 litros, sabendo que os dois vasos foram colocados ao fogo sobre a mesma temperatura, qual deles irá ferver primeiro? Justifique sua resposta.
_____
_____

5) Observe a imagem a seguir e logo após responda.

A partir das tirinha acima, a adolescente acreditou em que seu pai está com febre, pois fritou um ovo no rosto do paciente devido ele apresentar uma alta quantidade de calor em seu corpo. Você acredita que essa afirmação está correta? Justifique sua resposta.

( ) Sim ( ) Não

_____

_____

6) Normalmente as portas de imóveis são feitas de madeiras e as maçanetas que servem como fechaduras são produzidas de metal ou de ferro. Assim como mostra a imagem a seguir.

Desse modo, supondo que em uma aula de física, cujo o ar condicionado marca uma temperatura de 20ºC, um aluno deseja sair da sala e ao tocar na maçaneta e na porta, sente sensações diferentes, sendo as sensações de frio na maçaneta e de quente na porta. A partir dessa situação é correto afirmar que:

a) ( ) A temperatura da maçaneta é maior que a da porta.
b) ( ) A temperatura da maçaneta é menor que a da porta.
c) ( ) Ambas estão a mesma temperatura.
d) ( ) Elas nunca ficaram a mesma temperatura.

7) Qual é a quantidade de calor envolvida quando 400g de água sofrem uma variação de temperatura de 20ºC até 68ºC? Calor específico da água = 1cal/gºC.

TERMO DE ACEITE

Eu, Ronilson da Silva Lima, necessito, para minha pesquisa, SEQUÊNCIA DIDÁTICA EXPERIMENTAL PARA O ESTUDO DO CALOR E SUA PROPAGAÇÃO, coletar informações através do material escrito pelos estudantes que serão usados na pesquisa. Os alunos que concordarem em participar marquem número 1, e os que não concordarem em participar marquem com número 2 na referida opção.

Nome	(1) Concordo em participar (2) Não concordo em participar

6. APÊNDICE: PRODUTO EDUCACIONAL

Neste apêndice encontra-se o produto educacional da Dissertação de Mestrado em Ensino de Física (MNPEF) pela Universidade Federal do Acre – UFAC. Com propostas de roteiros de atividades experimentais de termologia para dar um suporte aos professores nas aulas de Física.

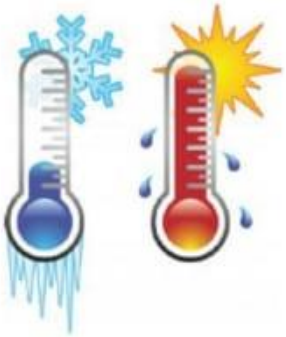
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA NATUREZA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

MATERIAL DE APOIO AO PROFESSOR DE FÍSICA

Orientando: Ronilson da Silva Lima

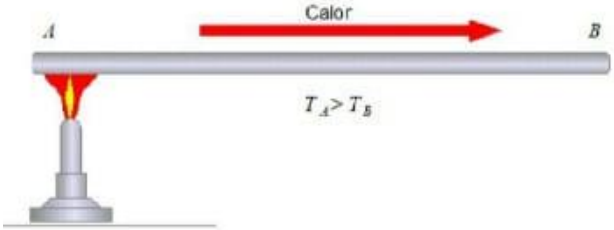
Orientador: Prof. Dr. Jorge Luis López Aguilar

2020



ATIVIDADES EXPERIMENTAIS: UMA RELAÇÃO DA TEORIA COM A PRÁTICA NO ENSINO DE TERMOLOGIA.

$$Q=m.c.\Delta t$$



Ronilson da Silva Lima

AO ALUNO

Este manual (caderno guia) é composto por uma série de roteiros de atividades experimentais e perguntas na qual são abordadas aplicações práticas com montagens simples. O aluno junto com o auxílio do professor, irá montar e fazer a demonstração com a explicação dos fenômenos relacionados a termologia através desses experimentos.

Na vida como aluno na escola almejamos uma aprendizagem que tenha real sentido em nosso cotidiano, e esta ferramenta visa auxiliar esse processo, partindo do pressuposto de uma aprendizagem significativa e coletiva, tendo a oportunidade de relacionar um conhecimento prévio de um fenômeno com um conhecimento cientifico a partir de uma atividade experimental.

Se espera que o material possa contribuir significativamente na compreensão física dos fenômenos que são abordados no presente manual.

AO PROFESSOR

O trabalho no formato de produto educacional é apresentado pensando em nossas dificuldades como docentes da componente curricular das ciências exatas, mais especificamente no ensino de física, quando nos deparamos com as mais diversas barreiras que geram um déficit de aprendizagem em nossos alunos.

A maioria das escolas em nosso país não apresentam laboratórios de ciências, muitos alunos rejeitam o ensino de física devido ao fato de acharem as aulas monótonas com a utilização apenas de aulas teóricas, nesse itinerário que foi elaborado a sequência didática que faz uma ligação da teoria com a prática para o ensino de termologia, com a utilização de experimentos com materiais alternativos e que fujam da necessidade de laboratórios bem estruturados.

A importância de construir e se trabalhar esses roteiros é que eles foram pensados, testados e criados mediante a realidade de sala de aula, com uma linguagem de fácil compreensão pelos alunos e professores e com resultados satisfatórios.

Neste sentido, o presente material tem o propósito de lhes apresentar uma alternativa metodológica para trabalhar os conteúdos de termologia através de atividades experimentais.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a DEUS, que é digno de toda honra e toda glória.

Em segundo lugar agradeço à minha família cujo são meus alicerces na Terra, sendo-os meus pais, Luiz Miranda de Lima e Zuleni Matias da Silva, meus queridos e amados e irmãos, Monária, Romildo, Romilson, Francisco Ronildo e Naiara. Meus sentimentos de gratidão também são direcionados a minha amada namorada Jaqueline por todo apoio e motivação.

A meu orientador, professor Dr. Jorge Luís López Aguilar, todos professores do MNPEF-UFAC, dentre eles, em especial a querida professora Dra. Esperanza Lucila Hernandez, a Sociedade Brasileira de Física (SBF).

SUMÁRIO

Apresentação.....91
1. Experiência 1.....92
1.1 O tato nos fornece a temperatura ou a sensação térmica de um corpo?.....92
1.2 Abordagens científicas.....93
1.3 Experiência 2.....93
1.3.1 Haste de madeira versus haste de ferro.....93
1.3.2 Abordagens científicas.....94
1.4 Experiência 3.....94
1.4.1. Calor x temperatura.....94
2. Guia didático: sequência didática.....99
2.1 Primeiro encontro.....99
2.2 Sequência para 1ª experiência: o tato nos fornece a temperatura ou a sensação térmica de um corpo?.....99
2.3 2ª Experiência: haste de madeira *versus* haste de ferro.....102
2.4 Terceiro encontro: aula dialogada expositiva.....105
2.5 3ª Experiência: calor x temperatura.....109
2.6 Quinto encontro: aula expositiva dialogada.....113
2.7 Fluxo de calor em estruturas metálicas 116
Experiência 1: fluxo de calor numa estrutura cilíndrica oca.....116
Experimento do fluxo de calor numa geometria cilíndrica.....117
Experiência 2: fluxo de calor numa estrutura metálica tipo barra.....121
Experimento do fluxo de calor numa estrutura metálica.....122
Experiência 3: fluxo de calor em uma placa retangular.....125
Experimento do fluxo de calor numa placa de alumínio retangular.....127
Anexo.....130
Referências.....132

APRESENTAÇÃO

Este material é composto por um produto educacional produzido a partir de uma pesquisa do Mestrado Profissional Nacional em Ensino de Física, com a finalidade de proporcionar uma ferramenta metodológica de ensino prática baseada numa sequência didática aos professores da Educação Básica.

O material de apoio é referente ao tema de termologia na qual a metodologia utilizada segue as teorias de Aprendizagem Significativa de Ausubel e do Sóciointeracionismo de Vygotsky. As atividades experimentais são realizadas como segue: 1) o tato nos fornece a temperatura ou a sensação térmica de um corpo?; 2) haste de madeira *versus* haste ferro, 3) calor vs temperatura e 4) propagação do calor.

O produto visa contribuir com o ensino de termologia aplicando uma sequência didática experimental possibilitando que o docente tenha mais uma ferramenta pedagógica ao seu favor que almeja despertar o interesse dos alunos quanto à disciplina de ciências/física, assim como tornar um aluno mais participativo, ativo, protagonista, portador de um espírito científico, capaz de comportar-se como um construtor do próprio conhecimento.

Espera-se que essa ferramenta didática venha contribuir no processo educacional de ensino aprendizagem nos temas de termologia no ensino fundamental e médio. O produto educacional foi aplicado na escola seguindo a sequência didática e os resultados de sua aplicação foram excelentes.

A seguir na tabela 1, é mostrado o gerenciamento da sequência didática experimental, além de exibir o quantitativo de encontros, os conteúdos trabalhados, procedimento didático realizado durante a aula e o tempo necessário para cada aula, e os questionários que podem ser aplicados antes e depois da sequência. É extremamente importante ressaltar que fica a critério do docente realizar alterações adaptando da forma que julgar, muito embora, se o docente optar apenas por aplicar a sequência, a mesma apresenta-se passo a passo.

Nosso produto é composto por mais três práticas sobre propagação do calor, tendo em vista que, não foi possível aplicá-las em sala de aula devido o recesso das aulas, mas foram testadas em casa, e são descritas todo o procedimental experimental.

Tabela 1: Sequência Didática

Nº	Temas	Procedimento didático	Tempo (Minutos)
1	Aplicação do teste Diagnostico	Apresentação e preenchimento do termo de aceite por partes dos alunos em participar das atividades experimentais. Perguntas abertas e fechadas do pré-teste.	60
2	Execução das atividades experimentais	Aula com atividade prática	120
3	Temperatura, sensação térmica, equilíbrio térmico condutividade térmica	Apresentação do conteúdo de ensino a partir das atividades experimentais realizadas, criação de situações problemas	120
4	Realização das atividades experimentais	Aula com experimentação	60
5	Calor e calor específico	Aula expositiva dialogada.	60
	Total		420

Fonte: próprio autor. Cada aula tem um tempo de 60 minutos

1. EXPERIÊNCIA 1

1.1 O TATO NOS FORNECE A TEMPERATURA OU A SENSAÇÃO TÉRMICA DE UM CORPO?

Esta atividade experimental tem por objetivo observar a relevância das percepções táteis perante a medição da temperatura de um sistema. Vale ainda ressaltar que pretende-se chamar atenção que o tato não é um mecanismo seguro para tal aferição e que o termômetro surge como um importante aliado nessa situação. Além do mais, almeja-se trabalhar o fato de que para o termômetro fornecer a temperatura correta de um corpo é imprescindível que haja um tempo de contato do mesmo com o sistema, para que assim ambos possam estar em equilíbrio térmico.

Nessa experiência, pode-se trabalhar com as concepções não-científicas dos alunos, abordadas no primeiro tópico, que são elas:

- A temperatura é uma variação de quente e frio.
- A temperatura é o aumento ou diminuição do calor
- Através do tato podemos medir a temperatura de um sistema.
- Tocando na pele de alguém podemos determinar a temperatura.

Para a realização do experimento e, nesse caso, verificar a veracidade das duas concepções dos alunos, são necessárias algumas etapas durante a atividade, que consistem em uma série de interpretações e percepções de quente ou frio.

1.2 Abordagens científicas

Pode-se supor o seguinte problema que dará início a atividade experimental: "Pelo tato posso afirmar corretamente se uma pessoa está ou não com febre?" Uma pessoa se encontra com febre quando sua temperatura é igual ou maior que 38 °C, assim na maioria dos casos usamos a parte de cima da mão, colocando sobre a testa da pessoa, para verificar se ela está ou não com febre. Contudo, podemos verificar que com o tato, as sensações de quente e frio variam de acordo com as circunstâncias que se encontram, portanto, verificar com o tato se há febre ou não, é algo que não deve ser feito, logo esse método não é confiável. Vale ainda lembrar a importância do uso de um termômetro para tal procedimento, desde que este seja usado da forma correta, entrando em equilíbrio térmico com a pessoa que está se verificando.

1.3 EXPERIÊNCIA 2

1.3.1 Haste de madeira versus haste de ferro

Essa experiência objetiva-se demonstrar que, na maioria dos casos, as percepções táteis não são apropriadas para medir a temperatura de um sistema, e que nem sempre a temperatura aparente é realmente a temperatura real de um corpo. De tal modo, temos como exemplo, uma haste de madeira e uma haste de ferro postas sobra uma mesa, ambas à temperatura ambiente. Através desse experimento será possível o professor fazer algumas indagações condizentes a temperatura, sensação térmica e condutividade térmica, como por exemplo: Porque ao pegar na maçaneta de uma porta e simultaneamente tocarmos na porta de madeira, sentiremos sensações diferentes?

Ao longo da experiência iremos abordar acerca de algumas concepções não científicas dos alunos, captadas pelo pré-teste, que criteriosamente pode ser aplicado inicialmente à

abordagem do conteúdo, e dessa forma, iremos averiguar a veracidade destas, de acordo com os dados obtidos durante a realização da experiência. São elas:

- A temperatura é uma variação de quente e frio.
- A temperatura é o aumento ou diminuição do calor.
- Através do tato podemos medir a temperatura de um sistema.

1.3.2 Abordagens científicas

Ao tocar a haste de madeira e simultaneamente a de ferro, o aluno possivelmente perceberá que a segunda haste apresenta-se mais fria que a primeira. Isso acontece porque o ferro é um melhor condutor que a madeira, dessa forma, há uma troca de calor bem maior entre a mão e o ferro, e é desse conceito que vem a sensação de frio.

Dessa forma, pode-se concluir que as concepções não científicas tratadas, nesse caso, deveram ser um ponto de partida para o professor afim de que os alunos revejam seus conceitos, observando-os de acordo com os conhecimentos científicos obtidos durante a abordagem do conteúdo e realização da experiência.

1.4 EXPERIÊNCIA 3

1.4.1. CALOR X TEMPERATURA

Essa experiência tem por objetivo demonstrar a diferenciação entre temperatura e calor, e além disso demonstrar a relação entre calor, temperatura e massa. Em nosso cotidiano estamos frequentemente entrando em contato com objetos ou ambientes dos quais podemos sentir a sensação de quente ou frio, notando assim diferentes temperaturas.

Comumente usamos as palavras calor e temperatura sem deixar claro a diferença entre elas. Em certas situações as palavras podem até ser apresentadas com conceitos trocados, como na expressão “como está calor hoje!”, onde, nesse caso, o termo calor é usado para expressar a temperatura ambiente. A partir disso é deduzido que as sensações de quente e frio que temos não são sensações de calor, mas sim de temperatura.

Nessa experiência, serão trabalhadas as concepções não-científicas dos alunos, sendo abordados os seguintes tópicos:

- Calor é o mesmo que temperatura;
- Calor e temperatura são diferentes;
- Calor é o aumento ou diminuição de temperatura;

- O tempo para aquecimento de um corpo não está relacionado com o volume que ele possui;
- Um corpo com baixa temperatura não possui calor;
- Se um corpo não possuir calor, também não possuirá temperatura;
- Um corpo pode ganhar calor?
- Um corpo pode perder calor?

Para a realização da atividade proposta, são necessários os seguintes materiais.

Seis latinhas de refrigerante, termômetros digitais, quatro velas, estilete, água, isqueiro, copo milimetrado, pincel para as marcações e cronômetro;

A figura 1 mostra os materiais utilizados para realização da terceira experiência.

Figura 1: materiais utilizados para realização da terceira experiência

Fonte: próprio autor.

Montagem

Corte duas latinhas bem próximo da borda superior, assim como mostra a figura 2.

Figura 2: marcação e corte das latinhas.

Fonte: próprio autor.

- No lugar onde foi cortado faça cortes de cerca de cinco milímetros na vertical e depois dobre as beiras da lata para dentro da lata (para evitar acidentes com a beira da lata cortante), assim como é mostrado na figura 3.

Figura 3: Dobra sobre as beiras das latinhas.

Fonte: próprio autor.

- Tire a parte superior das outras duas latinhas com o abridor de latas e corte-as, a 4 cm do fundo com o estilete, da forma apresentada na figura 4.

Figura 4: corte a 4 cm do fundo de cada latinha.

Fonte: próprio autor.

- Nesta etapa com o uso do estilete tire dos lados da meia lata quatro tiras de cerca de dois centímetros e meio de largura. A figura 5 demonstra como ficará os cortes.

Figura 5: corte dos lados das meias latinhas.

Fonte: próprio autor.

- Em seguida retire da lateral da latinha um retângulo medindo quatro centímetros de altura e seis centímetros de comprimento. A figura 6 mostra os cortes nas latinhas.

Figura 6: cortes retangulares nas latinhas.

Fonte: próprio autor.

- Coloque uma vela dentro da latinha, de modo que ela fique apoiada na argola do furo para ela não cair para dentro da lata conforme for queimando. Observe a figura 7 que mostra como posicionar a vela dentro da latinha.

Figura 7: Velas dentro das latinhas.

Fonte: próprio autor.

- Nesta última etapa coloque as latinhas sobre o suporte e periodicamente coloque o termômetro dentro das latinhas e anote a diferença de temperatura entre os dois volumes de água. A figura 8 mostra como ficará a experiência montada.

Figura 8: montagem final da experiência.

Fonte: próprio autor.

Desse modo, a partir da prática experimental objetiva-se introduzir os conceitos de calor e temperatura, mostrando a diferença entre elas, bem como averiguará a relação entre volume e temperatura.

2. GUIA DIDÁTICO: SEQUÊNCIA DIDÁTICA

O guia didático indicará como o docente poderá proceder em suas aulas utilizando o respectivo material.

2.1 PRIMEIRO ENCONTRO

Sugere ao excelentíssimo docente que para formar os grupos para as aulas posteriores, realize essa divisão de tal modo que agrupe alunos de níveis diferentes intelectuais, e para o educador observar e detectar esses níveis, segue criteriosamente um questionário nos anexos desse produto.

2.2 SEQUÊNCIA PARA 1ª EXPERIÊNCIA: O TATO NOS FORNECE A TEMPERATURA OU A SENSAÇÃO TÉRMICA DE UM CORPO?

OBJETIVOS:

- A partir desse experimento objetiva-se verificar que não é seguro medir a temperatura de determinado corpo através do tato;

- Reconhecer que a temperatura é uma medida da sensação de quente ou frio, isto em relação a determinado padrão.
- Reconhecer que os instrumentos de medida de temperatura como o termômetro levam um tempo para entrarem em equilíbrio térmico com o sistema, o qual deseja obter valor de forma correta.
- Trabalho em grupo, propiciando o sóciointeracionismo entre os educandos, e dos educandos com o educador.

PROBLEMATIZAÇÃO:

Sensação térmica de um corpo corresponde a verdadeira temperatura desse corpo? É possível saber de forma correta se alguém está com febre só pelo tato? Em dias muito quente ou frio, o tato pode ter a mesma exatidão ao considerar se uma pessoa está com febre?

POSSÍVEIS HIPÓTESES FORMULADAS PELOS ALUNOS:

A partir do problema proposto, espera-se que os alunos formulem algumas hipóteses, no que infere-se temperatura, sensação térmica e a identificação a respeito de alguém se encontrar com febre, tais como:

- A sensação térmica que um corpo possui corresponde a temperatura real do corpo.
- A temperatura de um corpo é sempre menor que a sensação térmica que o mesmo apresenta.
- A temperatura de um corpo é sempre maior que a sensação térmica que o mesmo apresenta.
- Quando uma pessoa está com febre, o calor interno de seu corpo está elevado.
- Quando uma pessoa está com febre, a temperatura de seu corpo está elevada.
- A fim de verificar se alguém se encontra com febre coloca-se a parte de cima da mão na testa da pessoa.
- É colocado a parte de cima da mão sobre o pescoço da pessoa.
- É colocado um termômetro embaixo do braço da pessoa, e espera-se um pouco e em seguida é verificada a temperatura.

ETAPAS PARA SOLUÇÃO DO PROBLEMA:

A partir das hipóteses levantadas pelos alunos, o próximo passo é a execução do experimento, a fim que o problema proposto seja resolvido, e chegar a conclusões corretas.

EXPERIMENTO PROPOSTO

➢ Materiais necessários:

✓ 1 vasilha com água fria;

✓ 1 vasilha com água a temperatura ambiente;

✓ 1 vasilha com água quente ou “morna”;

- ✓ 1 ebulidor;
- ✓ Termômetros digitais;
- ✓ Cronômetro;
- ✓ 1 recipiente para aquecer a água.

Na realização do experimento o professor coloca à disposição de cada grupo de alunos 3 vasilhas iguais com as mesmas quantidades de água, de forma que numa delas seja colocada água fria, na outra água a temperatura ambiente, e na terceira é colocada água quente ou morna (essas informações devem ser implícitas aos discentes, assim como a temperatura que será anotada pelo professor). Assim como é mostrado na figura 9.

Figura 9: vasilhas com água em diferentes temperaturas.

Fonte: próprio autor

O 1º recipiente será composto por água fria, o 2º será composto por água em temperatura ambiente, já o 3º recipiente, será composto por água quente/morna, e todos irão compor a mesma quantidade de água, ou seja, 150 ml.

- 1º Momento: O professor solicita, que um dos componentes dos grupos coloque a mão direita na 1ª vasilha, que possui água fria. Então, o professor deve marcar 3 segundos no cronômetro, (tempo esse que será utilizado em todos experimentos) e pedir para que os discentes anotem essa primeira sensação.
- 2º Momento: Em seguida, o aluno irá retirar a mão da 1ª vasilha e de forma bem rápida, colocar dentro da 2ª vasilha, ou seja, a que se encontra com água em temperatura ambiente. O aluno deve anotar a sensação sentida.
- 3º Momento: Realizado essa primeira parte, o aluno agora irá colocar a mão esquerda dentro da 3ª vasilha, sendo aquela que se apresenta com água quente. Novamente o aluno deve anotar a sensação obtida.

- 4º Momento: Prosseguindo, o professor orienta ao discente tirar a mão e colocá-la na 2ª vasilha, ou seja, na vasilha com água à temperatura ambiente, cuidando para não esquecer de anotar a sensação adquirida.

Com a conclusão do experimento, o professor poderá fazer as seguintes perguntas aos grupos:

1) As sensações térmicas foram as mesmas no decorrer do experimento?
2) A partir do experimento quais foram as sensações térmicas que você sentiu?

Momento	Vasilha	Temperatura (ºC)	Sensação
1	1		
2	2		
3	3		
4	4		

Você acredita que a sensação térmica que você sentiu, corresponde ao valor real da temperatura em cada recipiente? Justifique.

3) No momento 2 e no momento 4, as sensações que você sentiu foram equivalentes ou distintas?
4) Você acredita que a quantidade de água influenciou nas sensações térmicas? Justifique.
5) Com a realização experimental, você acredita que através do tato, é possível afirmar de forma correta se uma pessoa está com febre? Por quê?
6) Afinal, a água no momento 2 e 4 estava fria, temperatura ambiente ou quente?
7) Que conclusões você tira do experimento.

Após esse momento, sugere que o professor solicite que cada grupo escolha um estudante e apresenta os resultados das questões.

- Sugere que o professor novamente encha as vasilhas com água a temperaturas próximas ou iguais as iniciais, e em seguida solicite que os grupos meçam os valores reais da temperatura em cada recipiente utilizando um termômetro, para refletirem sobre as respostas da atividade.

2.3 2ª EXPERIÊNCIA:

HASTE DE MADEIRA *VERSUS* HASTE DE FERRO

Essa experiência tem como objetivo demonstrar que, na maioria dos casos, as percepções táteis não funcionam corretamente para determinar a temperatura de um sistema. Objetiva-se também.

- Trabalhar os assuntos pertinentes a TEMPERATURA E CONDUTIVIDADE TÉRMICA;

- Materiais com diferentes sensações podem estarem a mesma temperatura.
- Sociointeracionismo entre aluno-aluno e aluno-professor.

SITUAÇÃO PROBLEMA: Inicialmente, o docente poderá realizar uma pergunta aos alunos com o intuito de fazer com que os mesmos reflitam a respeito de sensações térmicas e percepções táteis. Assim será feita a seguinte indagação: A maior parte de casas são construídas de tijolos e de madeira. As que são construídas de tijolos apresentam um piso de cerâmica. Desta forma, ao pisarmos no piso de cerâmica e depois na madeira ou vice-versa, experimentaremos sensações diferentes para as situações, pois o piso de cerâmica apresentará uma sensação mais fria, enquanto que ao pisarmos no piso de madeira teremos a percepção de mais quente, sendo isto possível devido nossas percepções táteis.

Mas será que sempre nossas percepções táteis correspondem à temperatura real de um sistema? Qual a relação das temperaturas da haste de ferro e da haste de madeira que estão postas sobre a mesa? Será que estão à mesma temperatura? Ou é impossível estarem à mesma temperatura?

A partir desse questionamento, espera-se que sejam formuladas as seguintes hipóteses pelos alunos, a respeito da temperatura das hastes.

- A haste de ferro mostra estar mais "geladinha" do que a de madeira;
- A temperatura da haste de madeira é maior que a da haste de ferro;
- A temperatura da haste de madeira é menor que a da haste de ferro;
- A haste de madeira é mais fria porque, quando os dois materiais são expostos ao sol, só conseguimos pegar com as mãos sem a luva a haste de madeira, diferentemente da haste de ferro.
- Em hipótese nenhuma as duas hastes terão as mesmas temperaturas, mesmo que recebam a mesma quantidade de calor.
- As duas hastes estão à mesma temperatura, apenas as temperaturas diferentes são reflexos de nossas percepções táteis ao tocá-las.

ESTRATÉGIAS PARA RESOLUÇÃO DA SITUAÇÃO PROBLEMA.

- ➢ Partindo das possíveis hipóteses levantadas e para comprova-las, é sugerido pelo professor a execução da experiência mencionada no problema;
- ➢ Propõe-se que o professor forme grupos com a turma para a realização experimental.
- ➢ Para a realização experimental, serão necessários:
- ✓ 5 hastes de madeira (15 cm cada);

- ✓ 5 hastes de ferro (15 cm cada);
- ✓ Termômetros digitais
- ✓ Cronômetros.
- ➢ Sequência de trabalho proposto pelo docente aos discentes:

O experimento que será realizado pelos alunos, parte da seguinte pergunta: Qual a relação entre as temperaturas entre uma haste de ferro e uma haste de madeira que estão postas sobre a mesa? A prática experimental é simples e rápida em sua execução.

A prática consiste em tocar de forma simultânea as duas hastes, sendo a de ferro e a de madeira. As duas hastes estão expostas às mesmas condições climáticas. Após, os alunos realizarem o procedimento anterior, o professor poderá fazer algumas perguntas aos grupos, tais como:

1. As sensações térmicas que você sentiu ao tocar simultaneamente as hastes são iguais ou diferentes? Por quê?
2. Qual a relação de temperatura entre as duas hastes? Ambas apresentam a mesma temperatura?
3. A sensação térmica é de fato correspondente a temperatura real de cada haste?
4. Através do tato, podemos afirmar de forma exata a temperatura de um corpo? Justifique.
5. Que conclusões você tira em relação ao experimento realizado?
6. Que utensílios são usados para medição de temperatura? (Termômetro culinário? Termômetro farmacêutico? Termômetro de mercúrio? Tato? Outra ferramenta? Qual?

- ➢ Os grupos, após executarem a experiência, debaterão entre si a respeitos dos resultados alcançados e assim organizar sua solução para o problema inicial.
- ➢ Após todos os grupos terem realizado a experiência, o professor solicitará que cada grupo apresente seu (s) resultado (s) e sua (s) solução (ões).
- ➢ Por fim, com a mediação e a orientação do professor, todos os grupos irão medir a temperatura das hastes e notarem se ambas apresentam a mesma temperatura ou não e se sensação térmica representa, com exatidão, a temperatura de um corpo. Essa medição será realizada com o termômetro culinário.
- ➢ Cada grupo escolherá um representante para expor os resultados obtidos;
- ➢ Por fim, o professor junto com os alunos debateu questão por questão afim de chegarem a melhor solução para o problema.

2.4 TERCEIRO ENCONTRO: AULA DIALOGADA EXPOSITIVA

O encontro terá uma duração de 2 horas durante a qual será dada uma aula de caráter expositiva dialogada, onde serão abordados os conteúdos de: temperatura, sensação térmica, equilíbrio térmico e condutividade térmica.

Essa aula terá como objetivo apresentar aos alunos os conceitos dos termos supracitados, e suas aplicações no cotidiano, desta forma, no início da aula sugere ao professor que relembre ou mostre as experiências da aula anterior, fazendo as seguintes perguntas:

1) Em que situações cotidianas ouvimos falar sobre temperatura?

2) Você acredita que calor e temperatura são a mesma coisa?

3) O que sentimos quando o dia está quente?

4) Por que ao colocar gelo em um copo de água ele derrete durante certo tempo?

5) Quando tocamos diferentes corpos, mas será que a sensação térmica realmente representa a temperatura exata de um corpo?

6) Será que apenas pelo tato é possível afirmar que uma pessoa está com febre?

7) Em dias muito quentes ou frios, o tato pode ter a mesma exatidão ao considerar se uma pessoa está com febre?

8) A maior parte de casas são construídas de tijolos e de madeira. As que são construídas de tijolos apresentam um piso de cerâmica. Em que situações cotidianas ouvimos falar sobre temperatura?

9) Empregamos os termos quente, frio, morno e gelado para classificar sensações térmicas que percebemos, por exemplo, quando tocamos diferentes corpos, mas será que a sensação térmica realmente representa a temperatura exata de um corpo?

A maior parte das casas são construídas usando tijolos e madeira. As casas que são construídas com tijolos os pisos geralmente são de cerâmica. Desta forma, ao pisarmos no piso de cerâmica com um e com outro pé pisarmos na madeira, experimentaremos sensações diferentes para cada situação, pois o piso de cerâmica apresentará uma sensação mais fria, enquanto, que ao pisarmos no piso de madeira teremos a percepção de mais quente, esta diferença é possível devido nossas percepções táteis. Mas será que sempre nossas percepções táteis correspondem à temperatura real de um sistema?

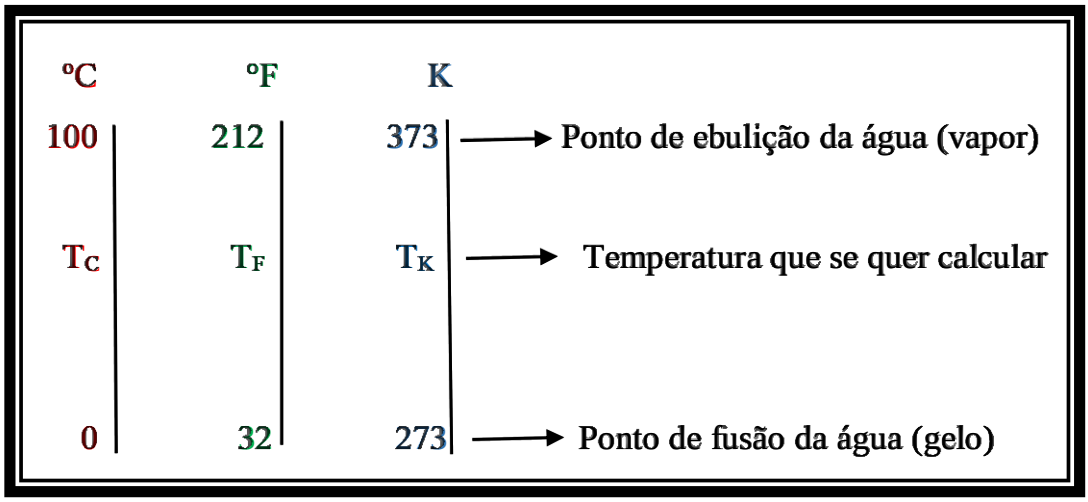
A partir desses questionamentos, o professor pode redigir sua aula definindo cada grandeza.

TEMPERATURA

O conceito de temperatura tem origem nas ideias qualitativas baseadas em nosso sentido de tato. Um corpo que parece estar "quente" normalmente está em uma temperatura mais elevada que um corpo análogo que parece estar "frio". Entretanto, o tato é muito impreciso para avaliar temperatura, pois depende do observador que avalia e, para um mesmo observador, depende das condições térmicas que esse observador se encontrava. Por exemplo, uma pessoa que estava com as mãos muito geladas, ao tocar um corpo morno, tem a impressão de que esse corpo está a uma temperatura mais elevada do que ele realmente está. Para Çengel e Ghajar (2012, p. 19) "temperatura é uma medida da energia cinética das partículas como moléculas ou átomos de uma substância, logo quanto mais rápido for o movimento, maior será a temperatura apresentada pelo corpo".

Além de ser apresentado o conceito de temperatura, é primordial mencionar que, a temperatura de um corpo pode ser medida em três escalas, sendo-os: Celsius, Fahrenheit e Kelvin, e elas possuem uma relação matemática, é importante deixar claro que trabalhamos somente com a escala Celsius, mas expomos brevemente aos discentes sobre as outras escalas. Mostramos a relação entre as três escalas por meio da figura 1.

Figura 10: relação entre as três escalas termométricas



Fonte: próprio autor.

Sabendo do valor da temperatura do corpo em uma escala, podemos obter o correspondente valor em outra, estabelecendo a seguinte relação:

$$\frac{T_C}{5} = \frac{T_F - 32}{9} = \frac{T_K - 273}{5}$$

Outro ponto a importante a se frisar que realizamos as práticas experimentais usando um termômetro culinário, porém foi mencionado e mostrado aos estudantes outros tipos de termômetros, como o farmacêutico e de mercúrio, assim como representam as figuras 11 e 12.

Figura 11: termômetro de mercúrio

Fonte: próprio autor

Figura 12: Termômetro farmacêutico

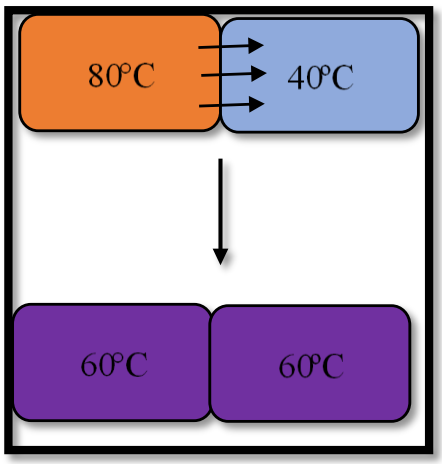
Fonte: próprio autor

Após o pesquisador ter falado desses outros tipos de termômetros, abordou sobre uma das razões de seu funcionamento, o equilíbrio térmico.

Equilíbrio Térmico

Macroscopicamente, dois corpos estarão em equilíbrio térmico, de acordo com Young e Freedman (2016, p. 200), "se e somente se, eles possuírem a mesma temperatura". A figura 13 exemplifica a definição.

Figura 13 - Equilíbrio térmico entre dois corpos.



Fonte: próprio autor.

A temperatura de qualquer corpo pode ser medida com um aparelho, denominado termômetro. Existem vários tipos desses, porém, o funcionamento dos mesmos é basicamente o mesmo. Desta forma, para medir a temperatura de um corpo é necessário colocar o termômetro em contato com esse corpo. Um exemplo é descrito por Young e Freedman (2016, p. 199):

Se você deseja saber a temperatura de uma xícara com café quente, coloca o bulbo do termômetro no café; quando ele interage com o líquido, o termômetro se aquece e o café esfria ligeiramente. Quando o estado estacionário é atingido, você pode ler a temperatura. Dizemos que o sistema atingiu o *equilíbrio*, um estado em que a interação entre o termômetro e o café faz com que não exista mais nenhuma variação de temperatura no sistema. Chamamos esse estado de **equilíbrio térmico.** Young e Freedman (2016, p. 199).

SENSAÇÃO TÉRMICA

Também chamada de temperatura aparente, a sensação térmica é um termo utilizado para designar como os sentidos do nosso corpo percebem a temperatura do ambiente, o que pode quase sempre diferir da temperatura real, a sensação térmica é uma percepção individual. Há uma série de variáveis que podem influenciar na sensação da temperatura de um objeto, como as condições climáticas e o material que é feito. A pele, que é o maior órgão do corpo humano, está ligada a uma série de terminações nervosas que tornam possível o nosso sentido do tato. Entre as percepções que ela transmite, estão as chamadas sensações térmicas, que basicamente é o fato de sentir frio ou calor.

CONDUTIVIDADE TÉRMICA

A sensação subjetiva de temperatura não nos fornece um método confiável de aferição. Assim, se num dia frio, ao tocarmos num objeto metálico, temos a sensação de que está a temperatura mais baixa do que um objeto de madeira, embora ambos se encontrem a mesma temperatura, a razão é que, por condução, o objeto metálico remove mais rapidamente calor da ponta dos nossos dedos. A transferência de calor ocorre por três processos, sendo: *convecção, radiação e condução.* Neste trabalho abordaremos somente o processo de transferência por condução. Desta forma, condução de calor é definida por Nussenzveig (2002), como:

> O tipo de transferência que só pode ocorrer através de um meio material, mas ao contrário da convecção, sem que haja movimento do próprio meio; ocorre tanto em fluídos como em sólidos, sob o efeito da diferença de temperatura. Assim, quando colocamos sobre uma chama uma panela com água, o calor transmite da chama à água através da parede metálica da panela, por condução. (Nussenzveig, 2002, p. 171)

Diferentes materiais armazenam e conduzem o calor de modos distintos. Assim, a condutividade térmica é definida por Çengel e Ghajar (2012, p. 19) como "a medida da capacidade do material conduzir o calor. Um alto valor de condutividade indica que o material é bom condutor de calor, enquanto um valor baixo indica que o material é mau condutor de calor ou *isolante".* A tabela 2 mostra as condutividades térmicas e calor específico de alguns materiais comuns em temperaturas ambientes.

Os metais que, conduzem bem a eletricidade, também são bons condutores de calor que não é coincidência, pois, como menciona Nussenzveig, (2002, p. 171), "segundo a lei de Wiedemann e Franz, a condutividade térmica de um metal é proporcional a sua condutividade elétrica".

Tabela 2: condutividade térmica e calor específico de alguns materiais.

Material	Calor especifico Cal/g.ºC	Condutividade (W/m. K)
Diamante	0,119	2300
Prata	0,056	429
Cobre	0,091	401
Ouro	0,032	317
Alumínio	0,22	237
Ferro	0,11	80,2
Vidro	0,16	0,78
Tijolo	0,22	0,72
Pele humana	0,84	0,37
Madeira	0,42	0,17
Borracha macia	0,48	0,13

Fonte: adaptado de Çengel e Ghajar (2012, p. 20).

2.5 3ª EXPERIÊNCIA: CALOR X TEMPERATURA

OBJETIVOS:

- Essa experiência terá como escopo demonstrar a diferenciação entre temperatura e calor.
- Demonstrar a relação entre temperatura, calor e massa.
- Calcular matematicamente a quantidade de calor cedida pela vela a latinha através da equação fundamental da calorimetria.

PROBLEMA SUGERIDO:

Qual a relação entre calor, temperatura e massa entre duas latinhas que são colocadas sobre a mesma intensidade de fogo? O que ocorre quando as latinhas possuírem massas diferentes? E com massas de água iguais?

A PARTIR DESSA INDAGAÇÃO, ACREDITA-SE QUE SEJAM FORMULADAS PELOS DISCENTES AS SEGUINTES HIPÓTESES.

- A temperatura da água nas latinhas será sempre a mesma.
- A latinha com maior massa de água aquecerá mais rápido.
- A latinha com menor massa de água aquecerá mais rápido.
- As latinhas não recebem calor.
- As latinhas recebem quantidades de calor diferentes, por isso a lata com menos massa de água aquece mais rápido.
- O fogo transferido para latinha é calor porque é quente.
- Se forem quantidades de água iguais o tempo de aquecimento para estarem a mesma temperatura será o mesmo.
- A água que estiver mais quente possui mais calor.
- A água que estiver menos quente é porque apresenta menor temperatura.

ETAPAS PARA SOLUÇÃO DO PROBLEMA:

A partir das hipóteses levantadas pelos alunos, o próximo passo é a execução do experimento, a fim que o problema proposto seja resolvido, e chegar a conclusões corretas.

EXPERIMENTO PROPOSTO

Na realização do experimento sugere-se o professor organize a turma em grupos. A ideia do experimento é observar que para se elevar a temperatura de um objeto até um certo valor é preciso de uma certa quantidade de calor, mas se o objeto tiver o dobro de massa, precisará do dobro da quantidade de calor para atingir a mesma temperatura. O experimento consiste em colocar para aquecer simultaneamente duas latinhas de refrigerante com água à mesma intensidade de fogo, sendo que no primeiro experimento as latinhas possuem a mesma massa de água, enquanto no segundo experimento uma latinha possui o dobro da água da outra e o fogo que está aquecendo as duas latinhas tem a mesma intensidade. O procedimento experimental é descrito.

Atenção, professor: como a prática envolve fogo através das velas, pedimos que tome os devidos cuidados com os alunos no manuseio da prática, o docente indicará que os estudantes realizem os passos a seguir, e se possível, está sempre atenta na realização dos procedimentos.

Procedimentos experimentais:

✓ **Quantidades de massas de água iguais**

- No primeiro momento meça 100 ml de água e coloque em cada uma das duas latinhas;
- Acendam as duas velas simultaneamente e marque no cronômetro dois minutos (120 segundos) para inserção dos termômetros a fim de medir a temperatura final da água dentro das latinhas, peça que os alunos anotem os valores na tabela 3.

Tabela 3: dados das temperaturas.

Nº	Massa de água (g)	Tempo (segundos)	$T_{inicial}$ (ºC)	T_{final} (ºC)
1	100	120		
2	100	120		

Fonte: próprio autor.

✓ **Quantidades de água diferentes**

- Em seguida, foi derrame a água, e com o copo milimetrado meça quantidades de águas distintas, respectivamente 100 ml e 200 ml.
- Novamente acenda as duas velas e após dois minutos insira os termômetros para medir as temperaturas, os valores observados pelos estudantes devem ser anotados e comparados com a primeira prática. Os valores podem ser anotados na tabela 4.

Tabela 4: dados para medições de 100 e 200 ml.

Nº	Massa de água (g)	Tempo (segundos)	$T_{inicial}$ (ºC)	T_{final}(ºC)
1	100	120		
2	200	120		

Fonte: próprio autor.

A partir dos dados objetiva-se que os alunos percebam que nos dois casos a intensidade do fogo era a mesma, ou seja, o calor fornecido foi o mesmo, porém as temperaturas mostraram-se diferentes, provando que calor e temperatura, são diferentes, pois com massas iguais e o mesmo tempo da vela acessa fornecendo calor as latinhas, obtiveram valores da temperatura finais iguais, enquanto, com massas diferentes a temperatura final marcada nos termômetros foram diferentes, e para as massas diferentes, a quantidade de calor fornecido era a mesma, enfatiza-se que as temperaturas iniciais da água em ambos processos das latinhas eram a mesma.

Seguindo com a experiência, indique aos educandos a realizarem a outra parte da experiência, que é calcular a quantidade de calor absorvida pela água. Para tanto, segue os seguintes procedimentos.

- Inicialmente foi calcule a quantidade de calor Q com massas de água igual a 100 ml, ou seja, 100 g.
- Propõe que o professor oriente os discentes a marcarem no termômetro três tempos em segundos, iguais a: t1 = 60s; t2 = 100s e t3 = 120s.
- A primeira atividade é para calcular a quantidade de calor Q para o tempo de 60 segundos, e para isso é necessário que os discentes anotem a temperatura inicial ($T_{inicial}$) apresentada no termômetro, após acenderam a vela e discorrido o tempo solicitado, anotem a temperatura final (T_{final}) exibida no termômetro.
- Para os tempos t_2 e $t_3$os discentes devem seguir o mesmo processo anterior.
- Na segunda etapa os discentes trabalharam com massa igual a 200 ml, ou 200 g, adotando os mesmos tempos da primeira etapa.

Com a conclusão do experimento, o professor poderá fazer as seguintes perguntas.

1) Qual a causa que provocou o aquecimento da água em cada latinha?
2) Após iniciar o aquecimento nas duas latinhas, qual delas apresentou maior aumento de temperatura?
3) Qual das latinhas demorou mais tempo para aquecer?
4) É correto afirmar que se por ventura nesse experimento uma das latinha aqueceu mais rápido comparada à outra, é porque ela recebeu mais calor? Justifique.
5) As latinhas só começam a receber calor a partir do momento que a água começa a esquentar?
6) Qual a relação entre calor, temperatura e volume entre as latinhas?
7) Pela experiência realizada, que afirmação você tem a respeito das definições de calor e temperatura. Elas são consideradas grandezas?

( ) Iguais ( ) Diferentes

8) A partir dos dados obtidos no experimentos, utilizando a equação fundamental da calorimetria ($Q = m.c.\Delta t$) calcule a quantidade de calor fornecida pela vela para as latinhas para cada uma das medidas realizadas. Adote o Calor específico da água = 1,0 cal/g°C.

Nº	Massa de água (g)	Tempo (segundos)	$T_{inicial}$ (ºC)	T_{final}(ºC)	Quantidade de calor Q ($Q = m.c.\Delta t$)
1	100	60			
2	100	100			
3	100	120			

Finalizada a atividade se sugere que o professor ou o grupo escolha um aluno para mostrar seus resultados. Para fechamento da aula e de toda sequência se sugere que o docente faça a retomada de todo o conteúdo.

2.6 Quinto encontro: aula expositiva dialogada

Com uma duração de 60 minutos, ou de 1 hora/aula, essa aula será de cunho expositiva dialogada, a referida aula terá como objetivo introduzir o conceito de calor e calor específico e consequentemente apresentar a equação fundamental da calorimetria. Trabalhar com o conceito de *calor* é extremamente importante, especialmente porque utilizamos no cotidiano a ideia de calor segundo o senso comum. É indicado que o professor junto com os discentes relembre da prática realizada na aula anterior.

CALOR

Na definição mais simples o calor é a energia térmica em trânsito de um corpo para outro devido a diferença de temperatura existente entre eles, que pode ser relacionado por:

$$Q \sim \Delta T \tag{3}$$

Na qual $\Delta T = T_f - T_i$, para ter a equação do calor teremos que levar em conta a quantidade de calor que é necessário fornecer ou retirar do corpo, o chamado calor especifico (c), a massa do corpo (m) e a variação de temperatura $\Delta T = T_f - T_i$, então a relação mais precisa pode ser expressa por:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \tag{4}$$

A equação anterior também é conhecida como, equação fundamental da calorimetria. A unidade de calor é o Joule (J), mas uma unidade definida antigamente ainda prevalece é a caloria (cal). Uma caloria (cal) é a quantidade de calor que deve ser fornecida a uma grama de água, para elevar sua temperatura de 1ºC.

1 cal = 4,18 J

Na tabela 2 temos o calor específico de diferentes materiais. A transferência de calor ocorre por três processos, sendo: *convecção, radiação e condução.* Esses assuntos podem ser abordados com detalhe para um entendimento melhor.

Capacidade Térmica

Se determinado corpo recebe energia térmica, ocorrerá um aumento de sua energia interna, resultando uma elevação de sua temperatura. Assim, entre a quantidade de energia térmica doada a um corpo, a energia absorvida por este corpo se traduz em uma variação de temperatura.

Desta forma, se m gramas de uma substância c, a quantidade de calor dQ necessária para elevar sua temperatura dT é:

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T}$$

Onde:

$$c = \frac{C}{m}$$

CALOR ESPECÍFICO

O **calor específico** (**c**) é uma grandeza usada para caracterizar a diferença entre as substâncias para ganhar (ou perder) energia na forma de calor. Por exemplo, a quantidade de energia necessária para elevar em 1ºC a massa de 1 grama de água (no estado líquido) é de 1 caloria. Então, o calor específico da água é de 1 caloria por grama por graus Celsius, que se escreve: 1 cal/g.ºC

Já tendo estudado calor e calor específico, já é possível calcular a quantidade de calor absorvida ou cedida por um corpo de massa m quando sua temperatura varia.

Portanto, a quantidade de calor ($\boldsymbol{Q}$) é diretamente proporcional à massa de corpo com massa ($\boldsymbol{m}$), à variação de temperatura ($\boldsymbol{T}_f - \boldsymbol{T}_i$) e ao calor específico (**c**) do corpo envolvido. Desta forma, obtenha-se a seguinte expressão, conhecida como equação fundamental da Calorimetria, sendo:

$$Q = mc\Delta T$$

Q- Quantidade de calor;

$m -$ Massa;

ΔT- Variação da temperatura ($\boldsymbol{T}_f - \boldsymbol{T}_i$);

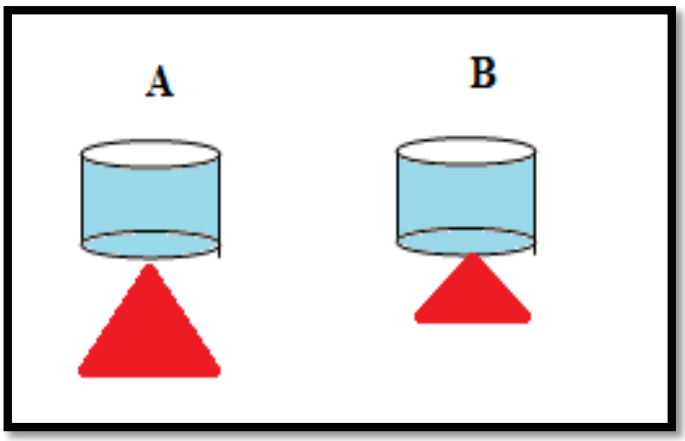
c- Calor especifico;

$c_{água}$= Calor especifico da água: 1 cal /g.º C

Em seguida foram abordadas as situações que foram executadas na prática experimental, assim representadas na figura 14:

1) Imagine duas panelas idênticas contendo a mesma quantidade de água, são colocadas ao mesmo tempo em bocas de fogão distintas uma com a indicação “alta” e a outra com a indicação “baixa”. Você acredita que haverá diferença nas temperaturas?

Figura 14: Panelas com massas de água iguais

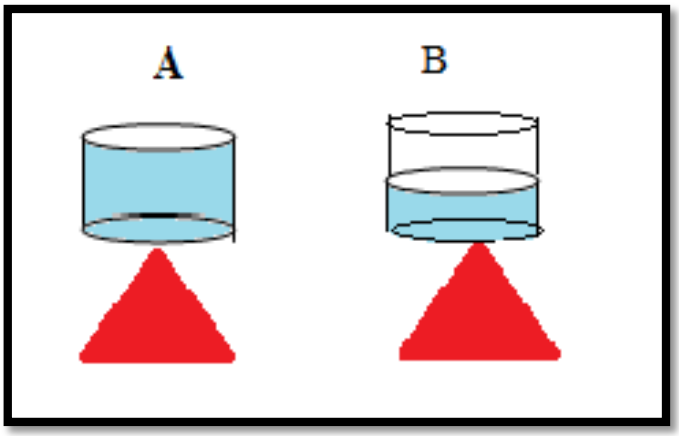


Fonte o próprio autor

$m_A = m_B;\ Q_A > Q_B$

- Agora imagine duas panelas idênticas, uma contendo 1 litro de água e a outra com 0,5 litros (figura 15), são colocadas em bocas de fogão idênticas.

Figura 1: panelas com massas de água diferentes



Fonte o próprio autor

$m_A > m_B;\ Q_A = Q_B$

- Você acredita que uma delas irá ferver primeiro que a outra?

No decorrer das experiências podem ser expostas as diferenças entre calor recebido e calor cedido, além de exemplos resolvidos utilizando a equação fundamental da calorimetria.

Por meio da equação do calor é possível calcular a quantidade de calor cedido pelas velas através dos dados obtidos na aula experimental.

2.7 Fluxo de calor em estruturas metálicas

Uma atividade interessante de realizar é uma experiência para determinar o fluxo de calor através de uma estrutura cilíndrica e outra plana. Como foram usadas latinhas de refrigerante com geometria cilíndrica e blocos retangulares na realização dos experimentos de calor experimentamos essa realidade para calcular o **fluxo de calor nessas estruturas.**

EXPERIÊNCIA 1:

FLUXO DE CALOR NUMA ESTRUTURA CILÍNDRICA OCA

OBJETIVOS: Determinar o fluxo de calor por condução em estruturas metálicas.

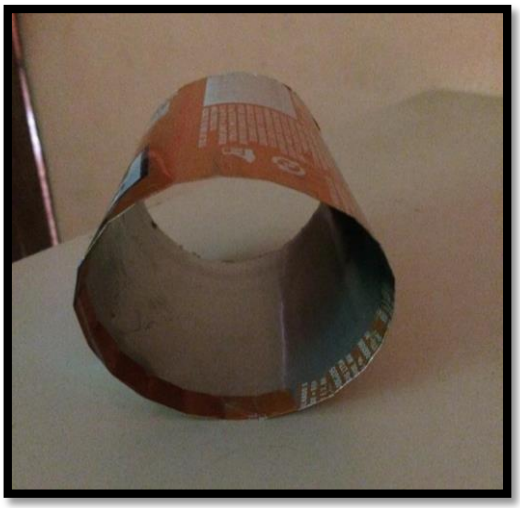
Materiais

- Latinha de refrigerante;
- 2 termômetros;
- Isqueiro;
- Estilete ou tesoura;
- Cronômetro;
- Régua.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Inicialmente com um estilete ou tesoura, é necessário cortar a parte superior e inferior da latinha (figura 16) em seguida cortar a vela em pedaços menores afim que fique dentro da latinha.

Figura 16: corte superior e inferior da latinha.



Fonte: próprio autor.

Primeiramente, medir os raios internos e externos das latinhas e anotar os valores na tabela 5, os valores dos raios internos e externos das latinhas, as temperaturas iniciais e finais, e o comprimento da latinha.

Tabela 5. Valores obtidos no experimento com a latinha cilíndrica do raio interno (r_1), raio externo (r_2), comprimento (H), temperatura inicial (T_1), temperatura final (T_2) e fluxo de calor (ϕ).

Tempo (s)	r_1 (m)	r_2 (m)	H (m)	T_1 (K)	T_2 (K)	ϕ (W)
1º 5						
2º 8						
3º 15						

Fonte: próprio autor.

Colocar a vela dentro da latinha e acender ela, aproximar o termômetro no interior da latinha e anotar a temperatura inicial (manter o termômetro ligado sobre a latinha durante todo processo) ligar o cronômetro e marcar o tempo desejado (sugestões t_1 = 5s, t_2 = 8s e t_3 = 15s) com o término do tempo, observar o valor da temperatura inicial e anotar na tabela.

Com os dados obtidos, calcular o fluxo de calor para três tempos diferentes de aquecimento através da equação:

$$\phi = k.2\,\pi H.\frac{(T_1 - T_2)}{Ln(r_2/r_1)}$$

Onde:

ϕ = fluxo de calor (Watts=W);

K= Condutividade térmica (W/m.K);

H = comprimento (m);

r_1 e r_2 são os raios interno e externo da latinha;

Ln: é o logaritmo natural;

T_1 e T_2: são as temperaturas inicial e final.

EXPERIMENTO REALIZADO COMO TESTE PARA DETERMINAR O FLUXO DE CALOR NUMA GEOMETRIA CILÍNDRICA

Neste tipo de atividade como exemplo foram usados dois materiais com diferentes condutividades térmicas, sendo eles o alumínio e o bronze.

A) Determinação do fluxo de calor para uma estrutura metálica cilíndrica de alumínio

Objetivo: determinar o fluxo de calor numa estrutura cilíndrica oca de alumínio

Materiais

Os materiais necessários no experimento foram:

- Latinha de refrigerante;
- 2 termômetros;
- Isqueiro;
- Estilete ou tesoura;
- Cronômetro;
- Régua.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

No primeiro momento realizou-se as medidas da latinha que é feita de alumínio, como a medida dos raios externos e internos da latinha, a altura e a temperatura inicial, anotamos os valores e então, colocamos a vela dentro da latinha, como pode ser visto na (figura 17).

Figura 17: montagem experimental usando latinha oca.

Fonte: próprio autor.

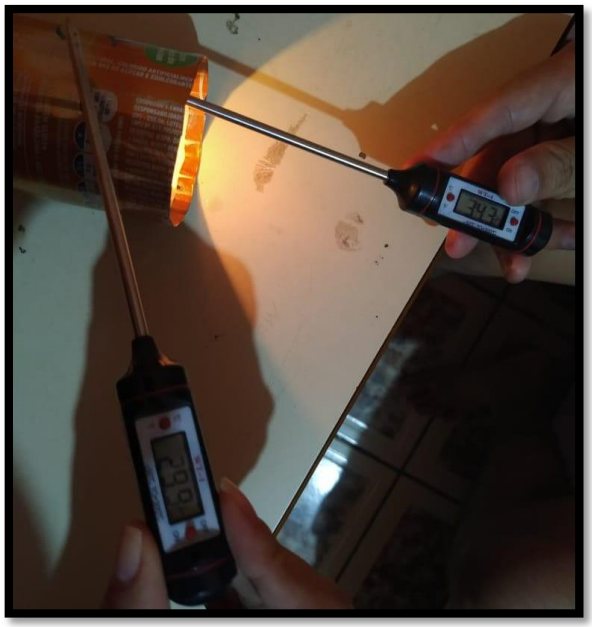
Em seguida acendemos a vela por um tempo de 5 segundos, esse foi o tempo que a vela ficou acesa dentro da latinha, e após esse tempo anotamos o valor expresso no termômetro da temperatura final. Os respectivos valores são mostrados na tabela 6.

Tabela 6. Dados obtidos no experimento com a latinha cilíndrica do raio interno (r_1), raio externo (r_2), comprimento (H), temperatura inicial (T_1), temperatura final (T_2) e fluxo de calor (ϕ).

Tempo (s)	r_1 (m)	r_2 (m)	H (m)	T_1 (K)	T_2 (K)	ϕ (W)
1º 5	0,032	0,0325	0,084	307,3	302,9	

A figura 18 mostra a forma da realização experimental para medir a temperatura externa e interna da latinha usando dois termômetros durante 5 segundos. As temperaturas indicaram os valores T_1 = 34,3ºC e T_2 = 29,3ºC.

Figura 18: medição da temperatura interna e externa.



Fonte: próprio autor.

Realizado o experimento e com a obtenção dos dados, o próximo passo é calcular o fluxo de calor (ϕ) com a equação:

$$\phi = k.2\,\pi H.\frac{(T_1 - T_2)}{Ln(r_2/r_1)}$$

Aplicamos a equação mostrada anteriormente

$$\phi = 237.2\,\pi\,(0{,}084m).\frac{(307{,}3 - 302{,}9)}{Ln(0{,}0325m/0{,}032m)}$$

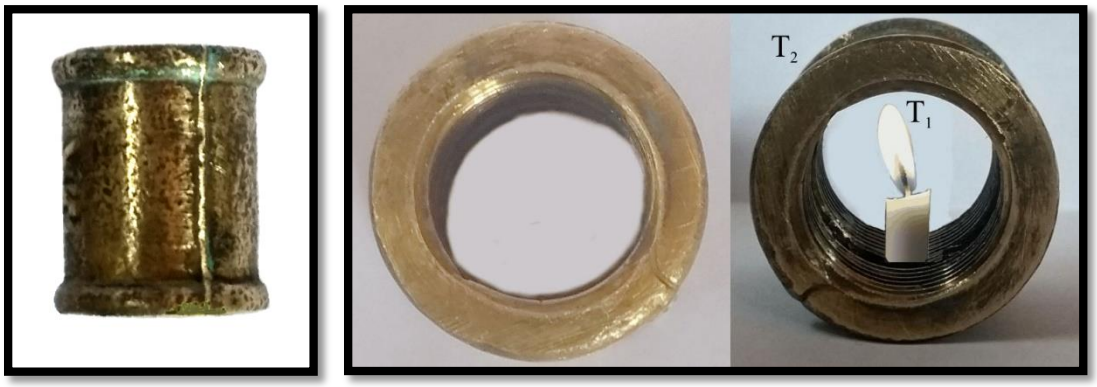
Portanto, o fluxo de calor da parte interna para a parte externa do cilindro é:

$$\phi = 17.764{,}3\ W$$

B) Determinação do fluxo de calor para uma estrutura metálica cilíndrica de bronze

O procedimento experimental neste caso foi o mesmo do primeiro experimento, usamos uma estrutura de tubulação de água no formato de cilindro oco de bronze, como pode visualizado na figura 19. Neste caso foi escolhido apenas as temperaturas atingidas no interior (43ºC) e o exterior do cilindro (37ºC). Alguns dados experimentais são exibidos na tabela 5.

Figura 19: tubulação oca de bronze para cálculo do fluxo de calor.



Assim, obtivemos os seguintes dados:

Tabela 7. Valores obtidos no experimento com a latinha cilíndrica de bronze de raio interno (r_1), raio externo (r_2), comprimento (H), temperatura inicial (T_1), temperatura final (T_2) e fluxo de calor (ϕ).

Tempo (s)	r_1 (m)	r_2 (m)	H (m)	T_1 (K)	T_2 (K)	ϕ (W)
1º 5	0,0095	0,03	0,014	316	310	

Fonte: próprio autor

A altura do cilindro H = 3cm = 0,03 m, raio interno (r_1 = 0,95 cm = 0,0095 m), raio externo (r_2 =1,4 cm = 0,014 m).

Quando submetida ao calor de uma vela a temperatura interna foi de T_1 = 43ºC = 316K e a temperatura externa T_2 = 37 ºC = 310 K. Aplicando a equação do fluxo de calor em uma estrutura cilíndrica oca,

$$\phi = k.2\,\pi H.\frac{(T_1 - T_2)}{Ln(r_2/r_1)}$$

A condutividade térmica para o bronze comercial é k = 52 W/m.K.

$$\phi = 52\,.2\,\pi \cdot (0{,}03m).\frac{(316 - 310)K}{Ln(0{,}014m/0{,}0095m)}$$

Então o fluxo de calor da parte interna para a parte externa do cilindro é:

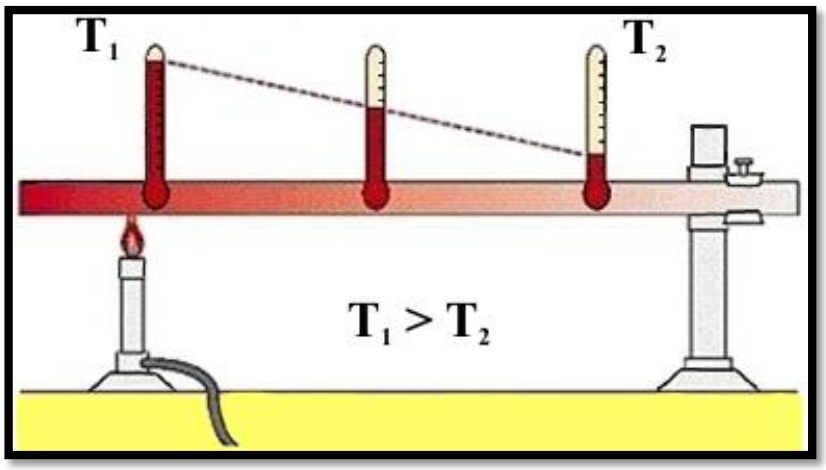
$$\phi = 151.7\,W$$

EXPERIÊNCIA 2:

FLUXO DE CALOR NUMA ESTRUTURA METALICA TIPO BARRA

Quando uma barra metálica de ferro é aquecida a uma temperatura (T_1) a energia térmica na forma de calor (Q) se propaga ao longo da barra. Se colocamos três termômetros em série ao longo da barra observamos uma diminuição da altura do liquido de mercúrio o que significa que a temperatura diminui com a distância até atingir uma temperatura menor T_2 observado no terceiro termômetro (figura 20). Isto indica que a temperatura ao longo da barra diminui com a distância.

Figura 20: propagação do calor ao longo de uma barra metálica



Fonte: de divulgação

A partir dessa observação foram realizados dois experimentos com materiais metálicos de diferentes espessuras afim de observar a propagação de calor por condução na barra.

O fluxo de calor que atravessa esse bloco é dado por

$$\phi = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = k \cdot A \cdot \frac{\Delta T}{L}$$

Onde k é a condutividade térmica do material e $\Delta T/\Delta x$ é a variação da temperatura por unidade de comprimento L. A unidade da condutividade é dada por $k = \frac{\mathrm{J/S}}{\mathrm{m.K}} = \frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m.K}}$

OBJETIVOS:

Observar a propagação de calor numa barra de ferro; medir com termômetros a temperatura em distintos pontos da barra; determinar o calor absorvido pelas barras e a propagação do calor através das barras.

Materiais

Os materiais necessários no experimento foram:

- 3 termômetros;
- 1 vela;
- 1 isqueiro;
- 1 cronômetro;
- 1 barra de ferro (comprimento = 22 cm, diâmetro = 0,4 cm e massa = 27,5g);
- 1 barra de ferro (comprimento = 25 cm, diâmetro = 0,8 cm e massa= 87,5g);
- 1 alicate (suporte para segurar as barras de ferro).

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Medir as espessuras (diâmetro) das barras de ferro, e marque na barra três medidas com distâncias iguais, onde serão posicionados os termômetros. Com um alicate dependendo da espessura da barra, fixe a barra em uma posição retilínea. Em seguida, acenda a vela, posicione a barra sobre a vela acesa (Fig. 6), peça ajuda a um ou dois colegas para posicionar o termômetro sobre os pontos marcados na barra. Com o auxílio de um cronômetro marque o tempo desejado para o experimento (sugestões t_1 = 25s; t_2 = 40s e t_3 = 60s).

Ao término da prática, fazer as seguintes indagações.

1. De acordo com o tempo no termômetro qual o valor da temperatura no termômetro 1?
2. Qual o valor da temperatura no termômetro 2?
3. Qual o valor da temperatura no termômetro 3?
4. Em algum momento do experimento temperaturas foram equivalente entre os termômetros?
5. Calcular o fluxo de calor para os tempos adotados.

EXPERIMENTO REALIZADO COMO TESTE PARA DETERMINAR O FLUXO DE CALOR NUMA ESTRUTURA METALICA

O experimento anterior sobre condução de calor em barra de ferro, foi realizado afim de testá-lo e observar a ocorrência do fenômeno, sendo executado com barras de ferros com diâmetros diferentes.

A) determinação do fluxo de calor para uma barra de ferro com diâmetro igual a 0,4 cm.

Objetivos:

- Observar a propagação de calor na barra;
- Medir com termômetros a temperatura em distintos pontos da barra;

Materiais

Os materiais necessários no experimento foram:

- 3 termômetros;
- 1 vela;
- 1 isqueiro;
- 1 cronômetro;
- 1 barra de ferro (comprimento = 22 cm, diâmetro = 0,4 cm e massa = 27,5 g);
- 1 alicate (suporte para segurar as barras de ferro).

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Inicialmente medimos o comprimento da barra com desígnio de dividir em distâncias iguais os termômetros, desta forma, a separação entre os três termômetros foi de 5,5 cm. Após a medição acendemos a vela e posicionamos a barra de ferro sobre ela e marcamos nos termômetros dois tempos, sendo iguais a 30 segundo e 40 segundos. A figura 21 mostra a realização da atividade.

Figura 21: Realização da segunda atividade prática.

Fonte: próprio autor.

Na tabela 8 mostramos os valores obtidos para as temperaturas nas posições dos três termômetros para o tempo de 30s e 40s.

Tabela 8: valores das temperaturas T_1 (posição do termômetro 1), T_2 (posição do termômetro 2) e T_3 (posição do termômetro 3).

Temperaturas	T_1 (ºC)	T_2 (ºC)	T_3 (ºC)	L(m)
Tempo 1 (30s)	37	30	29,5	0,25
Tempo 2 (40s)	45,5	32,7	29,9	0,25

Fonte: próprio autor.

O calor fornecido à barra de ferro pela vela para o primeiro caso do tempo 1 pode ser calculado com a expressão:

$$Q = mc\Delta T$$

Onde m = 28 g = 0,028 Kg; c = 0,11 cal/g.ºC e $\Delta T = T_1 - T_3$ = (37 - 29,5) ºC = 7,5 ºC.

Então

$$Q = mc\Delta T = 28g \cdot 0{,}11\text{cal/g.}℃ \cdot 7{,}5\ ℃$$

$$Q = 23{,}1cal$$

Como 1cal = 4,186 J, então o calor fornecido à barra de ferro em Joules será

$$Q = 96{,}7\ J$$

A taxa do fluxo de calor por unidade de tempo na barra de ferro é dada por

$$\phi = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{96{,}7J}{30s} = 3{,}27W$$

Questão 1.

No outro caso calcular o calor fornecido pela vela para um tempo de 40s e a taxa do fluxo de calor na barra de ferro de espessura de 0,4 cm. (Esta questão o docente pode solicitar que os alunos façam).

B) determinação do fluxo de calor para uma barra de ferro com diâmetro igual a 0,8 cm.

Para execução desta prática, a diferença está na espessura do diâmetro do ferro, neste experimento adotamos um ferro com diâmetro igual a 0,8 cm e massa de 87,5g. Usamos os mesmos passos da atividade anterior, assim no primeiro momento adotamos tempos, iguais a 30 e 40 segundos.

Na Tabela 9 mostramos os valores obtidos para as temperaturas nas posições dos três termômetros para o tempo de 30s e 40s.

Tabela 9: valores das temperaturas T_1 (posição do termômetro 1), T_2 (posição do termômetro 2) e T_3 (posição do termômetro 3), L é a largura da barra.

Temperaturas	T_1 (ºC)	T_2 (ºC)	T_3 (ºC)	L (m)
Tempo 1 (30s)	34,5	29,7	29,2	0,25
Tempo 2 (40s)	38,3	30,8	29,9	0,25

Questão 2.

No caso da barra de massa de 87,5g e com espessura de 0,8 cm calcular o calor fornecido pela vela para os dois tempos de 30 e 40s e a taxa do fluxo de calor na barra de ferro. (Questão sugestiva que o professor pode passar aos alunos).

EXPERIÊNCIA 3:

FLUXO DE CALOR EM UMA PLACA RETANGULAR.

Objetivo: Calcular o fluxo de calor que flui pela placa metálica.

Teoria

Quando o calor se propaga através de uma estrutura metálica então haverá um fluxo de calor $\Delta Q/\Delta t$, em que o calor flui do lado de maior temperatura para o lado de menor temperatura. No caso estacionário na qual não depende do tempo esse fluxo é a taxa com que o calor flui através da placa de espessura L e de área A (em J/s ou W), do lado de maior temperatura (T_1) para o de menor temperatura (T_2). O fluxo de calor que atravessa esse bloco é dado por

$$\phi = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = k \cdot A \cdot \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

onde k é a condutividade térmica do material e $\Delta T/\Delta x$ é a variação da temperatura por unidade de comprimento $\Delta x = L$. A unidade da condutividade é dada por $k = \frac{\mathrm{J/S}}{\mathrm{m.K}} = \frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m.K}}$

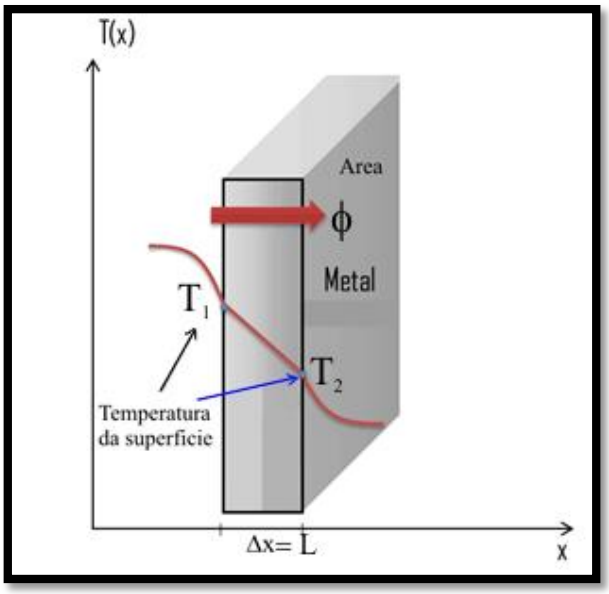
O fluxo acostuma ser escrito como ϕ, então:

$$\phi = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = k \cdot A \cdot \frac{(T_1 - T_2)}{L}$$

Diferentes materiais armazenam e conduzem o calor de modo distintos. Assim, a condutividade térmica de um material, é definida por Çengel e Ghajar (2012, p. 19) como "a taxa de transferência de calor por meio de uma unidade de comprimento de um material por unidade de área por unidade de diferença de temperatura". Um alto valor de condutividade indica que o material é bom condutor de calor, enquanto um valor baixo indica que o material é mau condutor de calor ou *isolante".*

A propagação de calor por condução numa placa metálica de área (A) e espessura $\Delta x = L$ é representada na figura 22. Pode ser observada o fluxo de calor (seta vermelha) da área de maior temperatura (T_1) para a área de menor temperatura (T_2).

Figura 22: propagação de calor por condução em um metal de área (A) e espessura Δx=L.



Fonte: divulgação

Materiais

Os materiais necessários no experimento foram:

- Placa metálica;
- 1 isqueiro;
- 1 vela
- 2 termômetros;
- 1 cronômetro;
- Régua.

Vale ressaltar que o docente pode executar o referido experimento utilizando diferentes tipos de placa, tais como alumínio, ferro ou até mesmo cobre.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Medir as dimensões (largura x comprimento) da placa e depois acender a vela, para posicionar a placa sobre a vela. Nesse momento, serão posicionados os termômetros sobre a placa, um interno (por baixo) e o outro externo (por cima), o próximo passo é ligar o cronômetro, marcar o tempo desejado (sugere-se tempos de 30s, 60s e 90s), será anotado o valor da temperatura interna e externa sem retirar o termômetro da placa, pois será anotado novamente para os tempos posteriores.

Na Tabela 10 anotar os valores das temperaturas nos lados da placa metálica T_1, T_2 e o comprimento (L). Calcular a área do bloco metálico

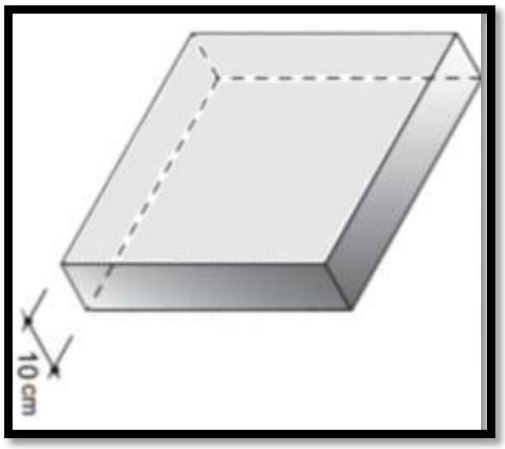


Tabela 10: Valores das temperaturas T_1 (posição do termômetro 1), T_2 (posição do termômetro 2) e T_3 (posição do termômetro 3).

Temperaturas	T_1 (ºC)	T_2 (ºC)	T_3 (ºC)	L(m)
Tempo 1 (30s)				
Tempo 2 (60s)				
Tempo 3 (90s)				

Fonte: próprio autor

Com o término da prática, responder as perguntas:

1. Qual o fluxo de calor na placa no tempo de 30s?
2. Qual o fluxo de calor na placa no tempo de 60s?
3. Qual o fluxo de calor na placa no tempo de 90s?

EXPERIMENTO REALIZADO COMO TESTE PARA DETERMINAR O FLUXO DE CALOR NUMA PLACA DE ALUMÍNIO RETANGULAR

Quando é aplicado calor por uma fonte (vela) sobre uma estrutura metálica o calor se propaga rapidamente através da placa devido a sua alta condutividade.

Objetivo

O experimento antecedente sobre fluxo de calor em uma placa metálica, foi executado com o intuito de: **calcular o fluxo de calor que flui pela placa metálica.**

Materiais

Os materiais utilizados foram:

- Placa metálica (usamos de alumínio);
- 1 isqueiro;
- 1 vela

- 2 termômetros;
- 1 cronômetro;
- Régua.

Primeiramente medimos as dimensões da placa e a área da placa total anotados anotamos as medidas da placa utilizada, assim obtivemos as seguintes medidas (Tabela 11).

Tabela 11: Parâmetros das dimensões da placa metálica medidas da placa

Largura (m)	Comprimento (m)	Área da placa (m^2)	Espessura (m)
0,18 m	0,26 m	0,046	0,001

Fonte: próprio autor.

Em seguida foi posicionada a vela e para suporte da placa colocamos duas latas, ligamos os termômetros, acendemos a vela, posicionamos os termômetros na parte inferior e exterior da placa e marcamos um tempo de 30 e 50 segundos. A prática é mostrada na figura 23.

Figura 23: medição das teperaturas interna e externa da placa de alumínio.

Fonte: próprio autor.

Salientamos que o calor produzido pela vela é pontual e é nesse ponto que a intensidade do calor será maior que os outros pontos da placa metálica, como estamos interessados na propagação do calor de um lado da placa (parte debaixo) para o outro lado da placa (parte de cima) então esse experimento é valido.

Os valores obtidos do experimento são mostrados na tabela 12.

Tabela 12: Valores das temperaturas T_1 (posição do termômetro 1), T_2 (posição do termômetro 2) e T_3 (posição do termômetro 3).

Temperaturas	T_1 (ºC)	T_2 (ºC)	$\Delta T = (T_1 - T_2)$ ºC
Tempo 1 (30s)	81,5	31,8	49,7
Tempo 2 (50s)	93,7	39,8	53,9

Fonte: próprio autor.

O fluxo de calor é a taxa de calor num intervalo de tempo que pode ser escrito como:

$$\phi = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = k \cdot A \cdot \frac{(T_1 - T_2)}{L}$$

A taxa de calor na placa de alumínio de calor especifico c = 0,22 cal/g.ºC é dada por:

$$\Delta Q = m \cdot c . \Delta T$$

A massa da placa de alumínio é igual a 110 gramas. Assim, a partir da equação fundamental da calorimetria, calcularemos a quantidade de calor fornecida à placa de alumínio pela vela para o primeiro caso com dado tempo de t = 30s, pode ser calculado com a seguinte expressão:

$$Q = mc\Delta T$$

Onde m = 110 g = 0,11 Kg, c = 0,22 cal/g.ºC e $\Delta T = T_1 - T_2 = (81,5 - 31,8)$ ºC = 49,7 ºC.

Então

$$Q = mc\Delta T = 110g \cdot 0,22\text{cal/g.}°\text{C} \cdot 49,7°\text{C}$$

$$Q = 1202,7cal$$

Como 1cal = 4,186 J, então o calor fornecido à placa de alumínio em Joules será

$$Q = 5034,5\,J$$

A taxa do fluxo de calor por unidade de tempo na placa de alumínio é dada por

$$\phi = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{5034,5J}{30s} = 167,8W$$

Questão 1. Se a placa for de cobre o fluxo de calor mudaria?

Questão 2. Considerando uma placa de ferro a propagação do calor seria maior ou menor que na placa de alumínio?

Questão 3. Se a fonte de calor fosse a energia do sol em qual das placas de alumínio, cobre ou ferro a propagação do calor seria maior?

ANEXO

1) É muito comum em nosso cotidiano nos deparamos com as expressões *calor e temperatura*. Você considera que estas expressões são:

( ) equivalentes;
( ) distintas;
( ) não são equivalentes, porém estão ligadas;
( ) não sei responder

Justifique:_____

_____

2) Considere as afirmações a seguir:

I. Quando dois corpos estão em equilíbrio térmico, ambos possuem a mesma quantidade de calor.
II. Quando dois corpos estão em equilíbrio térmico, ambos possuem a mesma temperatura.
III. Calor é transferência de temperatura de um corpo para outro.
IV. Calor é uma forma de energia em trânsito

Das afirmações acima, pode-se dizer que:

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

3) Em algumas escolas as carteira são construídas com partes de ferro e partes de madeira. Quando você toca a parte de madeira com a mão direita e a parte de ferro com a mão esquerda. É correto afirmar:

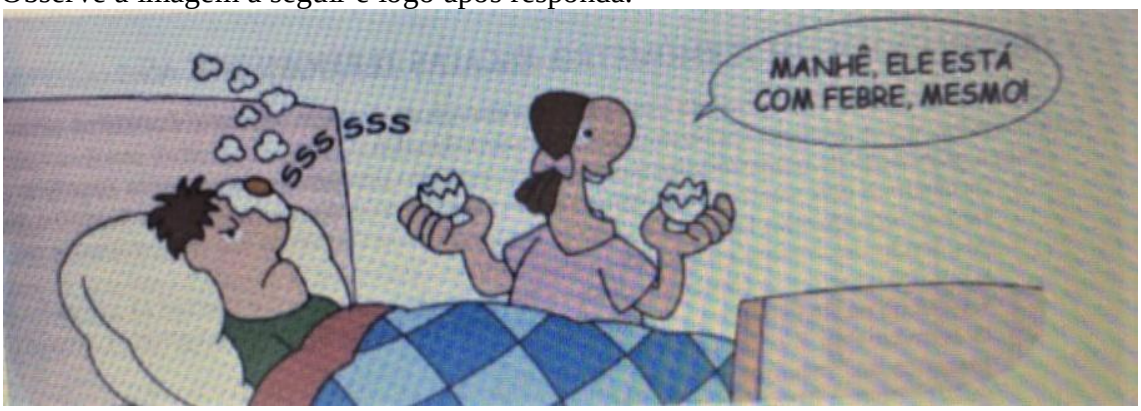
a) ( ) a mão direita sente mais frio que a esquerda, porque o ferro conduz melhor o calor;
b) ( ) a mão direita sente mais frio que a esquerda, porque a convecção na madeira é mais notada que no ferro;
c) ( ) a mão direita sente mais frio que a esquerda, porque a convecção no ferro é mais notada que na madeira;
d) ( ) a mão direita sente menos frio que a esquerda, porque o ferro conduz melhor o calor;
e) ( ) em possibilidade nenhuma estarão a mesma temperatura, onde o ferro apresentará uma menor temperatura, pois está mais frio que a madeira.

4) Se você colocar numa panela de alumínio com 100 ml de água ao fogo e simultaneamente colocar em uma panela de alumínio ao fogo com 4 litros, sabendo que os dois vasos foram colocados ao fogo sobre a mesma temperatura, qual deles irá ferver primeiro? Justifique sua resposta.

_____

_____

5) Observe a imagem a seguir e logo após responda.



A partir das tirinha acima, a adolescente acreditou em que seu pai está com febre, pois fritou um ovo no rosto do paciente devido ele apresentar uma alta quantidade de calor em seu corpo. Você acredita que essa afirmação está correta? Justifique sua resposta.

( ) Sim ( ) Não

_____

_____

6) Normalmente as portas de imóveis são feitas de madeiras e as maçanetas que servem como fechaduras são produzidas de metal ou de ferro. Assim como mostra a imagem a seguir.

Desse modo, supondo que em uma aula de física, cujo o ar condicionado marca uma temperatura de 20ºC, um aluno deseja sair da sala e ao tocar na maçaneta e na porta, sente sensações diferentes, sendo as sensações de frio na maçaneta e de quente na porta. A partir dessa situação é correto afirmar que:

a) ( ) A temperatura da maçaneta é maior que a da porta.
b) ( ) A temperatura da maçaneta é menor que a da porta.
c) ( ) Ambas estão a mesma temperatura.
d) ( ) Elas nunca ficaram a mesma temperatura.

7) Qual é a quantidade de calor envolvida quando 400g de água sofrem uma variação de temperatura de 20ºC até 68ºC? Calor específico da água = 1cal/gºC.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÇENGEL, Y. A.; GHAJAR, A. J. Transferência de calor e massa: uma abordagem prática, 4ª ed. Porto Alegre: AMGH, 2012.

Halliday, David, 1916-2010 Fundamentos de física, volume 2: **gravitação, ondas e termodinâmica** / David Halliday, Robert Resnick, Jearl Walker; tradução e revisão técnica Ronaldo Sérgio de Biasi. – Rio de Janeiro: LTC, 2012.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica:** Fluidos, Oscilações e Ondas, Calor (Volume 2). 4 ed. São Paulo: Edgar Blucher, 2002. 314f.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. Física II, Sears e Zemansky: **termodinâmica e ondas**, 14. Ed. – são Paulo: Pearson Educação do Brasil, 2016.