

UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E BIOLÓGICAS – ICEB
DEPARTAMENTO DE FÍSICA – DEFIS
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS – FÍSICA

Marta de Azevedo Machado

**O ENSINO DE FÍSICA TÉRMICA NA PERSPECTIVA DA
APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: UMA APLICAÇÃO NO ENSINO
MÉDIO.**

OURO PRETO

2015

Marta de Azevedo Machado

**O ENSINO DE FÍSICA TÉRMICA NA PERSPECTIVA DA
APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: UMA APLICAÇÃO NO ENSINO
MÉDIO.**

Dissertação apresentada ao Mestrado Profissional em
Ensino de Ciências - Física, da Universidade Federal
de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção
do título de Mestre.

Orientador: Prof^a. Dr. Maria Eugênia Silva Nunes

OURO PRETO

2015

FICHA CATALOGRÁFICA

149e Machado, Marta de Azevedo.
O ensino de física térmica na perspectiva da aprendizagem significativa
[manuscrito]: uma aplicação no ensino médio / Marta de Azevedo Machado. -
2015.
142f.: il.: color; grafs; tabs.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Eugênia Silva Nunes.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Ouro Preto. Instituto de Ciências
Exatas e Biológicas. Departamento de Física. Mestrado Profissional em Ensino de
Ciências.

Área de Concentração: Ensino e aprendizagem de Ciências em ambientes formais:
modelagem, experimentação.

1. Física (Ensino médio). 2. Calorimetria. I. Nunes, Maria Eugênia Silva. II.
Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU: 536.6:37.016

Catálogo: www.sisbin.ufop.br




Ministério da Educação
Universidade Federal de Ouro Preto
Instituto de Ciências Exatas e Biológicas (ICEB)
Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências
Nível Mestrado Profissional

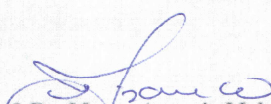
Campus Morro do Cruzeiro - Ouro Preto/MG – CEP 35.400-000
Fone: (31) 3559-1274
E-mail: secretaria@mpec.ufop.br

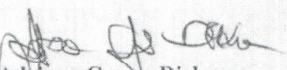
*“O ensino de Física Térmica na perspectiva da aprendizagem
significativa: uma aplicação no ensino médio”*

Autora: Marta de Azevedo Machado

Dissertação defendida e aprovada, em 23 de fevereiro de 2015, pela banca
examinadora constituída pelos professores:


Prof.^a Dr.^a Maria Eugénia Silva Nunes
Universidade Federal de Ouro Preto


Prof. Dr. Marco Antonio Melo Franco
Universidade Federal de Ouro Preto


Prof.^a Dr.^a Adriana Gomes Dickman
Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

AGRADECIMENTOS

A Deus, fonte infinita de sabedoria, onde buscamos coragem em tantos momentos desafiantes.

Aos que sentiram de perto os muitos momentos de ausência, compreendendo minhas necessidades de suporte e buscando superar os distanciamentos: Ricardo, Thomás e Guilherme.

À minha orientadora, Maria Eugênia Silva Nunes, pelo apoio, incentivo e presença constante em todos os momentos, acompanhando com presteza a tantas solicitações.

Aos irmãos e pais que atrelaram esforços, cada um dentro de suas possibilidades, sendo apoio indispensável para esta conquista. Em especial, aqueles que se tornaram pares, caminharam lado a lado em tantos momentos.

Aos funcionários da Escola Estadual “Ribeiro de Oliveira” que acompanharam os trabalhos da pesquisa, favorecendo a sua aplicação.

Ao corpo docente do mestrado, que tanto contribuiu com minha formação, possibilitando melhor atuação nos espaços da sala de aula.

Aos colegas, com os quais construímos momentos de formação, teias de amizade, espaços de diálogo e troca.

A todos aqueles, que mesmo no silêncio, estiveram torcendo por esta conquista.

RESUMO

Este é o registro de uma pesquisa que investigou a possibilidade de ocorrência de aprendizagem, potencialmente significativa, no ensino da Física Térmica, no conteúdo de calorimetria. Utilizou-se de recursos didático-metodológicos que favorecessem ao aluno aprender de maneira significativa e crítica, tendo como foco o papel ativo do aluno. Adotou-se a abordagem qualitativa, utilizando-se da observação participante e da pesquisa-ação como meios para a investigação. Autores como David Ausubel e Marco Antônio Moreira foram referências teóricas ao trabalho, sustentando as teorias que embasam a aprendizagem significativa e significativa crítica. A pesquisa foi desenvolvida com alunos do segundo ano do ensino médio da rede pública estadual de Entre Rios de Minas, MG. Foram elaboradas atividades que buscaram estabelecer conceitos mínimos necessários para o estudo de calorimetria (“subsunçores”) e também atividades de estudo desse conteúdo, fazendo uso de recursos variados que tivessem relação substantiva com a vida prática do aluno. Verificou-se, a partir dos dados, a ocorrência de aprendizagem significativa e significativa crítica, justificadas pelos resultados apresentados, nos quais se observa ancoragem, clareza de significados e transferência. Como produto educacional disponibiliza-se uma sequência de atividades, para o ensino-aprendizagem de Calorimetria no Ensino Médio.

Palavras Chave: Física térmica. Calorimetria. Aprendizagem Significativa.

ABSTRACT

This is the register of a research which investigated the possibility of learning occurrence, potentially significant, in teaching thermal physics, on calorimetry contents. Resources didactic- methodological were used which favoured the student to learn in a significant and critical way, having as a focus the active role of the student. Adopted a qualitative approach, using participant observation and action research as resources for research. Authors such as David Ausubel and Marco Antônio Moreira were theoretical references to the work, maintaining the theories which embase the significant and critical-significant learning. The research was developed with second year students of net public state college from Entre Rios de Minas, MG. Activities were elaborated seeking to establish bare concepts necessary to the study of calorimetry (“subsunçores”) and also study activities of this contents, using varied resources which had substantive relation with practical studente’s life. It was verified, from the data, the occurrence of significant and critical-significant learning, justified by the results presented, on which one observes anchorage, clearness of meanings and transference.

Keywords: Thermal Physics. Calorimetry . Significant learning.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Gráfico 1 - Resultado da questão 5, questionário Q2	81
Gráfico 2- Resultado da questão 6, questionário Q2	84
Gráfico 3 - Resultado da questão 7, questionário Q2	85
Gráfico 4- Resultado da questão 8, questionário Q2.....	86
Gráfico 5- Resultado da questão 9, questionário Q2	87
Gráfico 6- Resultado da questão 10, questionário Q2.....	88
Gráfico 7 – Calor específico	90
Gráfico 8 – Capacidade Térmica	91
Gráfico 9– Equação da Calorimetria.....	91
Gráfico 10– Somatório das trocas de calor	92
Quadro 1: Exemplo da natureza das justificativas dadas pelos alunos quando solicitados a selecionar uma hipótese sobre definição de calor.....	69
Quadro 2: Exemplo da natureza das justificativas dadas pelos alunos quando solicitados a justificar a variação na temperatura do deserto do dia para a noite.....	77
Quadro 3: Exemplo da natureza das justificativas dadas pelos alunos quando solicitados a explicar o significado do resultado encontrado para a capacidade térmica.....	78
Quadro 4: Exemplo da natureza das justificativas dadas pelos alunos quando solicitados a comparar a liberação de calor por dois blocos de massas diferentes.....	80
Quadro 5: Exemplo da natureza das justificativas dadas pelos alunos quando solicitados a comparar a quantidade de calor ao calor específico	82
Quadro 6: Categorização dos resultados.....	89

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Resultado de aplicação do Questionário Q1	57
Tabela 2- Resultados das atividades do texto	62
Tabela 3- Resultado de reaplicação do questionário Q1	67

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1 A organização do Ensino Médio segundo documentos norteadores e o ensino de Física.....	16
2.2 Aprendizagem significativa e aprendizagem significativa crítica	22
2.2.1 Teoria da aprendizagem significativa.....	23
2.2.2 – Os Princípios da Aprendizagem Significativa Crítica de Moreira	29
2.2.3- A avaliação do ensino-aprendizagem.....	33
2.2.4. Estudos realizados em aprendizagem significativa	37
3 METODOLOGIA	40
3.1. Aporte teórico da metodologia.....	40
3.2. Ambiente	41
3.3. Sujeitos	45
3.4. Instrumentos.....	47
3.5. Percurso	49
3.6. Proposta de análise de dados	53
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
4.1. Dados.....	55
4.1.1- Teste sobre a relação do público alvo com a disciplina Física.....	56
4.1.2. Teste inicial questionário Q1	57
4.1.3. Dados da Aula Um - Organizadores prévios- Grandezas diretas, inversas e conservação de Energia (Apêndice D).	59
4.1.4. Dados da Aula Dois – Organizadores prévios- Constituição da matéria, sistemas, temperatura, trabalho e potência. (Apêndice E)	60
4.1.5. Dados da Aula Três- Organizadores prévios - calor, combustível, temperatura e sistema (Apêndice F)	62

4.1.6. Dados da Aula Quatro - Organizadores prévios- Funcionamento de termômetros, equilíbrio térmico, escalas termométricas e paredes térmicas. (Apêndice G).....	62
4.1.7. Dados da Aula Cinco- Organizadores prévios- Processos de transmissão de calor (Apêndice H)	65
4.1.8. Reaplicação do questionário inicial Q1 (Apêndice C)	66
4.1.9. Dados do questionário inicial Q2- (Apêndice I).....	68
4.1.10. Dados da Aula Um de Calorimetria – Contexto Histórico (Apêndice J)	68
4.1.11. Dados da Aula Dois e Três Calorimetria – Capacidade térmica, calor específico, equação da calorimetria (Apêndice K).	71
4.1.12. Dados da Aula Quatro - Calorimetria – Evidências de Aprendizagem significativa usando equipamento tecnológico (Apêndice L)	73
4.1.13. Dados da Aula Cinco Calorimetria- Somatório das trocas de calor (Apêndice M) ..	74
4.1.14. Reaplicação do questionário Q2 (Apêndice I).....	76
4.1.15. Categorização dos dados apresentados no Questionário Q2	89
4.1.16. Dados do teste final sobre a importância da disciplina e a avaliação dos discentes sobre a metodologia utilizada.(Apêndice N)	92
4.2. Discussão dos resultados.....	94
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	101
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	106
APÊNDICES	110

1 INTRODUÇÃO

Diversos são os questionamentos que surgem na prática pedagógica em relação aos fatores que interferem no ensino e na aprendizagem dos conteúdos de Física. Esta realidade impulsiona o professor a buscar teorias e metodologias que possam contribuir em seu fazer pedagógico.

É possível observar, através do discurso de muitos professores, que a Física ainda é uma disciplina na qual os alunos apresentam grandes dificuldades de compreensão, sendo muito corriqueiro encontrar alunos desmotivados e/ou pouco interessados em seu estudo. Curiosamente, do ponto de vista dos aportes tecnológicos, estes mesmos alunos têm acesso a um grande número de recursos que são suportados e possíveis a partir das teorias da Física, o que deveria ser uma motivação para que os estudantes quisessem aprender os conceitos relacionados com a disciplina.

O tema educação nos incita a buscar uma aprendizagem que possibilite ao estudante atuar no meio em que vive, pois o conhecimento proposto em sala de aula possui aplicações no cotidiano. Entretanto, parece difícil para o alunado estabelecer uma relação entre os fenômenos físicos e as situações de sua vida prática, o que implica a necessidade de intervenções do educador, aproximando os conceitos teóricos das atividades corriqueiras dos alunos, de forma a suscitar a predisposição para aprender.

Verifica-se, no dia a dia da sala de aula, que as práticas atuais ainda mantêm um caráter bastante tradicionalista, havendo grande preocupação com a quantidade de conteúdos a serem “repassados” para os alunos, trazendo-os talvez de modo superficial e estabelecendo pouca ou nenhuma relação com a forma como o aluno vai se apropriar dele, tornando-o substantivo. O livro didático, bastante utilizado nessa abordagem, mais tradicional, segue muitas vezes uma sequência que pode não ser a mais adequada para uma aprendizagem potencialmente significativa, sendo, portanto, um recurso que pode “engessar”¹ o trabalho do educador em sala de aula.

Na rede pública estadual de ensino, o livro didático tornou-se disponível para alunos e professores de nível fundamental e médio sendo, em muitos casos, o único referencial utilizado. A cada quatro anos as editoras disponibilizam exemplares, e a escola realiza suas escolhas de livros, sendo considerados fatores diversos, inclusive os que se referem à filosofia da escola.

¹ Limitar a ação do educador, no sentido de ele se apropriar apenas desse material e utilizá-lo sem realizar adaptações necessárias.

Cabe aqui um questionamento por parte de educadores: a forma como estes livros expõem o conteúdo favorece a estruturação de organizadores prévios².

Diante disso, é necessário repensar os conteúdos que estão sendo trabalhados, a sequência estabelecida para o aprendizado, bem como as estratégias utilizadas pelos professores, com intuito de verificar até que ponto atendem às demandas da atualidade e ao contexto do aluno. Pode-se dizer que os objetivos pretendidos com cada atividade instrucional é fator delineador dos trabalhos desenvolvidos em sala, bem como da abordagem a ser adotada pelo professor. O foco das atividades desenvolvidas deve estar nas necessidades do alunado, dos sujeitos ali presentes, para que seja possível atribuir significado às informações captadas e/ou construídas a partir dos materiais de ensino.

Diante dos desafios ora apresentados, foi formulada a seguinte questão investigativa: como tornar significativos o ensino e a aprendizagem dos conteúdos de Física térmica, especificamente da calorimetria, para uma turma de segundo ano do Ensino Médio, numa escola da rede pública estadual de ensino?

A escolha do tema Calorimetria se justifica pela sua aplicabilidade em situações cotidianas diversas com as quais os alunos convivem corriqueiramente e para as quais atribuem significados, muitas vezes, não condizentes com os conceitos da Física.

Ao propor o trabalho com a física térmica, embasado na teoria de Ausubel *et al.* (1980) e Moreira (2010), cogitou-se ser possível a aprendizagem significativa se o professor, ao iniciar seu trabalho, lançasse mão de recursos que possibilitassem mensurar o nível de desenvolvimento dos alunos em relação à existência dos conceitos “subsunçores”³ e a partir disso, escolhesse o material didático de apoio adequado para a construção dos organizadores prévios e finalmente, desenvolvessem atividades de ensino propícias, levando em consideração a predisposição do educando.

A pesquisa desenvolvida neste trabalho apoia-se na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel *et al.* (1980), por ser esta uma teoria sólida, voltada para a sala de aula. Também em Moreira (2010) encontramos princípios adequados à proposta desta pesquisa, possíveis de serem aplicados no contexto educacional, sendo, portanto, utilizados para referenciar as atividades.

² Organizadores Prévios, segundo Ausubel *et al.* (1980), são materiais introdutórios apresentados antes do próprio material a ser aprendido, que tem como principal função servir de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que ele deve saber.

³ Para Ausubel *et al.* (1980) subsunçores são conceitos ou proposições relevantes existentes na estrutura cognitiva do indivíduo, aos quais uma nova informação será ligada.

A teoria de Ausubel apresenta reflexões sobre a aprendizagem significativa. Para ele o fator que mais interfere na aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe. Os conhecimentos existentes na estrutura cognitiva do indivíduo servem de ancoragem para os conhecimentos novos. Dessa forma se um conhecimento não encontrar a ancoragem necessária, será aprendido de maneira literal e arbitrária e não de maneira significativa. Segundo o autor, em alguns casos é necessário haver uma aprendizagem mecânica, quando um conhecimento é inteiramente novo. No entanto, ele propõe a criação de uma “fertilidade”⁴ no educando por meio de organizadores prévios para facilitar a aquisição de novos conceitos. Ele considera organizadores prévios, os materiais introdutórios mais gerais e inclusivos aos quais serão ligados os conteúdos específicos.

O objetivo deste trabalho é utilizar metodologias diversificadas de ensino à luz da teoria da aprendizagem significativa de David P. Ausubel, e da aprendizagem significativa crítica de Marco Antônio Moreira para promover aprendizagem dos conceitos de Física Térmica.

Mais especificamente, pretende-se:

- a. identificar, através da análise de alguns livros didáticos indicados no Guia de livros didáticos PNLD 2012, se o conteúdo de calorimetria, ali apresentado, contém um encadeamento de ideias favorável a uma aprendizagem significativa;
- b. diagnosticar e reconhecer, nos alunos, a presença de conhecimentos prévios, necessários à aquisição de novos conceitos, de maneira significativa;
- c. elaborar material de apoio que permita construir os conceitos prévios mínimos (no entender da autora deste trabalho), necessários ao estudo de calorimetria;
- d. sistematizar conhecimentos de calorimetria e suas consequências no contexto da Física escolar, de maneira a possibilitar a resolução de problemas, com aplicações em situações cotidianas;
- e. desenvolver atividades envolvendo o uso de artefatos tecnológicos que propiciam ao aluno, a compreensão e aplicabilidade dos conceitos científicos, gerados pela Física, na construção e funcionamento de tais artefatos;
- f. analisar o impacto sobre o interesse, envolvimento e desempenho dos alunos de uma classe do segundo ano do ensino médio, diante do uso de recursos diversos de ensino.

⁴ Ambiente propício ao aprendizado, suscitado por temas introdutórios e conhecimentos generalizados que permitirão ancoragem dos novos.

Em termos acadêmicos e sociais, pode-se pensar que esta pesquisa contribuiria com a prática docente no sentido de desenvolver um olhar investigativo sobre os recursos instrucionais utilizados, sobre sua ação e sua contribuição no processo de formação crítica de alunos com capacidade de articular conhecimentos e analisar informações, desenvolvendo o exercício da cidadania e a autonomia intelectual.

Este trabalho foi estruturado da seguinte forma: O Capítulo 2 é constituído pela Fundamentação Teórica, no qual se apresenta a descrição de aspectos relativos ao ensino de Física no nível médio, relacionados aos documentos norteadores da educação no país. Foi feita também uma abordagem da teoria “ausubeliana”, sobre aprendizagem significativa e da teoria de Marco Antônio Moreira, sobre a aprendizagem significativa crítica. Neste capítulo buscou-se elencar os estudos já realizados, que contemplam o tema da pesquisa. O Capítulo 3 foi destinado aos aspectos metodológicos inerentes à pesquisa. Caracteriza o aporte teórico utilizado, descreve o ambiente onde a pesquisa foi desenvolvida e o grupo pesquisado, bem como os instrumentos para coleta de dados, o percurso dessa coleta e de como esses dados foram analisados. No Capítulo 4 são descritos, categorizados e analisados os dados obtidos a partir das atividades desenvolvidas e, posteriormente, os dados coletados são discutidos à luz das teorias utilizadas no trabalho. Finalmente, o Capítulo 5 apresenta as considerações finais da pesquisa. Os questionários e atividades desenvolvidas são apresentados nos Apêndices. Como produto final desta dissertação, foi elaborada uma proposta educacional dirigida a professores de Física, constando de uma sequência didática para o ensino de calorimetria na ótica da Aprendizagem Significativa e Significativa Crítica.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 A organização do Ensino Médio segundo documentos norteadores e o ensino de Física

Sabe-se que a última década foi marcada por diversas iniciativas dos órgãos públicos reformulando o ensino na busca por uma educação que atenda às muitas exigências de formação do mercado globalizado. Nesse enfoque, busca-se fomentar um aprendizado que sirva para ser utilizado fora da escola, estabelecendo melhor compreensão de situações da vida prática, aprendizado que propicie melhor atuação no trabalho e que permita aos indivíduos conviverem e atuarem numa sociedade marcada por grandes avanços tecnológicos. Assim, fizeram-se necessárias reformulações nos documentos que regulamentam a educação, abrindo caminhos para imprescindíveis mudanças.

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB 9.394/96) trouxe inovações importantes, principalmente em relação ao Ensino Médio. Passa-se a primar pelo desenvolvimento de habilidades e competências que permitam aos discentes utilizarem, no cotidiano, os conhecimentos adquiridos na escola. Entende-se por habilidade a capacidade de resolver uma situação problema, relativa ao ato de calcular, ler, interpretar e observar; por outro lado, segundo (Perrenoud, 1999a, p.7) considera-se competência “uma capacidade de agir eficazmente em um determinado tipo de situação, apoiada em conhecimento, embora sem limitar-se a ele”. Para Perrenoud (1999, p. 32) “é na possibilidade de relacionar, pertinentemente, os conhecimentos prévios e os problemas que se reconhece uma competência”.

Percebe-se na LDB (1996) uma menor preocupação com a quantidade de informação, focando na formação integral do aluno para atuar no trabalho, com capacidade para desenvolver-se intelectualmente e acompanhar as diversas mudanças deste novo tempo. Apresenta, entre as finalidades do Ensino Médio, dispostas em seu artigo 35 as seguintes:

III- o aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico. IV- a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina. (BRASIL, 1999, p.46)

Propõe que os conteúdos, metodologias de ensino e avaliação sejam organizados exigindo do educando demonstrar:

I-domínio dos princípios científicos e tecnológicos que presidem a produção moderna; II- conhecimento das formas contemporâneas de linguagem; III- domínio dos conhecimentos de Filosofia e de Sociologia necessários ao exercício da cidadania. (BRASIL, 1999, p. 47)

Compreende-se, por tal colocação, a necessidade de adequação dos indivíduos para estarem numa sociedade marcada por muitas inovações tecnológicas e com grande quantidade de informações geridas a partir da evolução tecnológica. Diante disto é necessário desenvolver habilidade para a compreensão e interpretação das diferentes formas de linguagem tais como textos, gráficos, equações e ainda oferecer uma formação que permita aos discentes beneficiarem-se dos conhecimentos adquiridos, aplicando-os na vida diária. Isso vai ao encontro ao que Bransford *et al.* (2007) apontam quando estabelece que na sociedade do conhecimento, saber não é mais a simples habilidade de lembrar e repetir informações e sim de encontrá-las e usá-las.

Segundo relatório da UNESCO a respeito da educação para o século XXI, esta deve se apoiar nos seguintes pilares: “aprender a conhecer, aprender a fazer, aprender a viver e aprender a ser” (BRASIL, 1999). Compreende-se a necessidade de uma educação que permita ao discente estar sempre aprendendo. Necessita para isto desenvolver senso crítico diante das inúmeras informações disponibilizadas nas mais diversas fontes, que poderão ser utilizadas pelos indivíduos em favor da ampliação de sua compreensão do mundo. Este conhecimento poderá traduzir-se no desenvolvimento de habilidades passíveis de aplicação cotidiana, como a capacidade de realização de uma tarefa.

Visando garantir aporte para que as instituições e professores pudessem adaptar-se à nova proposta, as DCNEM (Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio) orientam a organização dos conteúdos em cada disciplina e os PCNEM (Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio) orientam os professores, listando as habilidades e competências a serem desenvolvidas.

Os parâmetros curriculares nacionais apresentam diversas diretrizes visando a favorecer uma educação de qualidade. Entre elas destacam: Identidade, Diversidade, Autonomia; Currículo voltado para as competências básicas, abordagem interdisciplinar, contextualização. Dentro dessa nova proposta curricular as disciplinas são organizadas por áreas de conhecimento, visando ao maior fortalecimento das relações entre os saberes, bem como de sua contextualização. Para Kato & Kawasaki (2011) apesar de a contextualização estar presente nos documentos referentes à educação, seu significado já era contemplado em propostas anteriores.

“Surgiu num momento da educação em que os conteúdos eram apresentados de maneira fragmentada, fora do contexto de produção científica, educacional e social” (KATO & KAWASAKI, 2011, p. 36). Percebe-se, entretanto, que existem diversas interpretações para o termo contextualização.

Buscando estabelecer uma correlação entre a aprendizagem significativa de Ausubel, e a aprendizagem significativa citada nos documentos que norteiam a educação no país, verifica-se que um dos sentidos de contextualização apresentado pelas DCNEM (1999) é de que o conhecimento tratado dessa forma poderá provocar aprendizagens significativas, se trabalhado a partir de experiências pessoais, sociais ou culturais. Nesse sentido diz-se que: “é possível generalizar a contextualização como recurso para tornar a aprendizagem significativa ao associá-la com experiências da vida cotidiana ou com conhecimentos adquiridos espontaneamente” (BRASIL, 1999, p. 94). Embora nas DCNEM não esteja explícito que se trata da aprendizagem significativa conforme concepção proposta por Ausubel, ao dizer da contextualização e da valorização de experiências da vida prática, pode-se estabelecer uma relação com o que a teoria propõe no que se refere ao potencial significativo dos materiais instrucionais.

Dentro da proposta de promover uma aprendizagem significativa, torna-se necessário uma melhor compreensão do que vem a ser este tipo de aprendizagem. Para Ausubel *et al.* (1980), haverá aprendizagem significativa quando uma nova informação se relacionar com um conhecimento existente na estrutura cognitiva do indivíduo, interagindo e ancorando-se neste, tornando-o mais rico e elaborado. Assim o fator determinante a possibilitar que um conceito seja aprendido significativamente é aquilo que o aluno já sabe. Nesse sentido, pode-se inferir que a contextualização poderá ser utilizada como forma de verificar se houve ou não a aprendizagem significativa, sempre quando o aluno conseguir transferir seus conhecimentos para contextos diversos. Conforme já afirmado por Bransford *et al.* (2007), a pesquisa sobre a aprendizagem e a transferência confirmam que as experiências de aprendizagem devem permitir às pessoas utilizarem o que aprenderam em novos cenários, ou seja, usar o que aprenderam para solucionar problemas novos.

Todas estas diretrizes, inclusive a contextualização objetivam desenvolver as habilidades e competências destacadas como fundamentais segundo orientações das DCNEM (1999) e PCNEM (1999). Cientes do que propõe a LDB (1996), estabelecendo uma base nacional comum a ser complementada e levando-se em conta a realidade de cada escola, o CBC (Currículo Básico Comum) define os conteúdos a serem trabalhados de maneira a contemplar o que é considerado essencial a todos os estudantes.

Orientações apresentadas no CBC (2007) propõem iniciar por um aprofundamento crescente de dificuldades, partindo de fenômenos observados no cotidiano, sem exigir, inicialmente, uma explicação conceitual desses fenômenos, até chegar a uma abordagem com maior nível de exigência em relação a conceitos cientificamente aceitos para tais fenômenos. Considera-se, entretanto que o aprofundamento em explicações, teorias e modelos deverá priorizar questões referentes às necessidades de cada região, cidade e escola.

De acordo com Carvalho (2012) prioriza-se, no século XX, a aculturação científica, contrariamente à acumulação de conteúdos das propostas anteriores e, nesse sentido, deve-se estimular os estudantes a construir seus conceitos, oportunizando-lhes a argumentação, a reflexão, o raciocínio, ao invés de fornecer-lhes respostas prontas. A autora aponta que: “Logicamente, a mudança no conceito do conteúdo – qual novo conteúdo de Ciências que se deve ensinar – exige também modificações no desenvolvimento do trabalho na sala de aula desse conteúdo” (CARVALHO, 2012, p.3). Atualmente, segundo Bransford *et al.* (2007), não basta apenas ensinar a ler, escrever e fazer cálculos; é preciso ensinar a pensar, a ler criticamente, a expressar com clareza e de modo consciente.

Percebe-se que a determinação dos conteúdos a serem trabalhados, poderá não garantir resultados eficientes frente às novas expectativas de aprendizagem. Portanto, faz-se necessário, segundo Carvalho (2012), uma associação entre o que ensinar e o como ensinar. Para essa autora, uma aprendizagem significativa de conhecimentos científicos exige participação ativa dos alunos na elaboração dos conceitos a serem formalizados em sala de aula.

Dentro dos PCNEM, a disciplina Física integra o grupo das Ciências da Natureza, e será trabalhada nas séries finais da educação básica. Os PCNEM (1999), ao explorarem a importância dos conteúdos de Física, bem como habilidades e competências que devem ser desenvolvidas, fazem uma crítica à forma como os conteúdos dessa disciplina vêm sendo trabalhados. Tem-se questionado a utilização de fórmulas, muitas vezes desvinculadas de seu significado, de maneira mecânica e automatizada.

Percebe-se aqui a necessidade de trabalhar os conteúdos de Física de maneira a possibilitar melhor compreensão dos fenômenos científicos e tecnológicos que organizam a produção moderna, possibilitando aos discentes explicarem e/ou utilizarem certa parcela de coisas que a inteligência humana vem criando em todas as épocas, desde instrumentos considerados triviais na atualidade, como o uso da faca, até aqueles mais recentes como o raio laser, sensor de presença, aquecedor solar, entre tantos outros, já produzidos e cuja disponibilidade no mercado altera a vida das pessoas. Segundo Kenski (2007):

Na atualidade, o surgimento de um novo tipo de sociedade tecnológica é determinado principalmente pelos avanços das tecnologias digitais de comunicação e informação e pela microeletrônica. Essas novas tecnologias - assim consideradas em relação às tecnologias anteriores existentes - quando disseminadas socialmente, alteram as qualificações profissionais e a maneira como as pessoas vivem cotidianamente, trabalham, informam-se e se comunicam com outras pessoas e com todo o mundo. (KENSKI, 2007, p.22)

Justifica-se a necessidade de um ensino de Física, que possibilite maiores garantias de que as pessoas desenvolvam habilidades, atitudes e valores que possam conferir-lhes melhores condições de vida. Destaca-se, nas propostas atuais de ensino, a inclusão de atividades que debatam os problemas de Ciências, da Tecnologia e da Sociedade. Vannucchi (apud Carvalho, 2012) diz que é necessário:

Preparar, então, os professores em atividades que discutam o papel dos cientistas na construção do conhecimento, sendo influenciados e influenciando a sua sociedade e a tecnologia influenciando nas descobertas científicas e/ou sendo fruto desse mesmo trabalho...(VANNUCCHI, 2012, p.77)

Sabe-se que grande parte dos artefatos tecnológicos disponibilizados no mercado são criados a partir do conhecimento gerado pela Física. Compreende-se que não basta conhecê-los e saber sobre o seu funcionamento; é necessário discutir as implicações sociais, ambientais, políticas, econômicas, culturais, éticas, científicas e econômicas que esses artefatos podem suscitar em cada espaço e tempo.

Os PCNEM (1999) criticam a forma como os conteúdos são apresentados, denunciando que, de certo modo, eles são apresentados como prontos e acabados, descendentes de grandes gênios, não havendo mais nada a ser descoberto. Percebe-se aqui a necessidade de que os discentes compreendam como se dá a construção do conhecimento científico e entende-se que uma possível forma de fazê-lo é através da contextualização histórica dos conceitos.

Para Nascimento (apud Carvalho, 2012), trabalhar a história da ciência seria uma forma de possibilitar aos estudantes visualizarem a dinâmica na construção do conhecimento, bem como suas crises e interrupções em função da realidade de cada época. Assim afirma:

A História da Ciência é, então, uma forma de apresentarmos aos estudantes uma ciência dinâmica e viva, discutindo a construção de determinado conhecimento desde sua gênese, até chegarmos à sua concepção atual, sem esquecer que esse mesmo conhecimento pode estar sujeito a alterações no futuro... (NASCIMENTO, 2012, p.39)

A dinâmica da construção do conhecimento poderá modificar inclusive a linguagem de cada conteúdo. Os PCNEM (1999) apontam para o cuidado que se deve ter nesse âmbito. Diz

que a Física possui uma linguagem própria e sinaliza, como competência indispensável, o reconhecimento de tal linguagem para representar seus atributos e códigos específicos. Entende-se assim, que o aluno estará expressando-se corretamente na linguagem física quando conseguir identificar grandezas físicas equivalentes em uma dada situação como, por exemplo: distinguir conceitos de calor, temperatura, calor específico, capacidade térmica, entre outros, bem como expressar corretamente símbolos correlatos a tais linguagens.

Entre as diversas competências e habilidades, propostas nos documentos de reformulação do ensino médio, para serem desenvolvidas em Física, tem-se:

Utilizar e compreender tabelas, gráficos e relações matemáticas gráficas para a expressão do saber físico. Ser capaz de discriminar e traduzir as linguagens matemática e discursiva entre si. Conhecer e utilizar conceitos físicos. Relacionar grandezas, quantificar, identificar parâmetros relevantes. Compreender a Física presente no mundo vivencial e nos equipamentos e procedimentos tecnológicos. Descobrir “como funciona” os aparelhos. Reconhecer o papel da Física no sistema produtivo, compreender a evolução dos meios tecnológicos e sua relação dinâmica com a evolução do conhecimento científico. (BRASIL, 1999, p.237)

Observa-se atualmente um uso excessivo de fórmulas e um ensino de Física um tanto “matematizado” e, por vezes, mecânico, conforme relatado nos PCNEM (1999). Corroboram-se com o que apontam, mas compreende-se a grande utilidade da matemática para a compreensão e demonstração de conceitos físicos. Podem ser observadas situações em que o aluno apresenta dificuldades para compreender um conceito por não dominar conhecimentos como, por exemplo, as relações entre grandezas, tão utilizadas para interpretar as equações da física.

Destaca-se assim a necessidade de que conhecimentos prévios, advindos da matemática tenham sido aprendidos de maneira significativa, possibilitando aos estudantes aplicá-los, de forma a ancorar conceitos específicos da Física. Entende-se que os conceitos físicos, uma vez aprendidos de maneira significativa, poderão facilitar o desenvolvimento de outras habilidades como a compreensão do funcionamento de aparelhos, procedimentos tecnológicos, entre outras.

Percebe-se, através dos conteúdos expostos no Currículo Básico Comum para serem trabalhados no 1º ano do ensino médio, que é possível trabalhar todos os conteúdos contemplados, através de uma visão geral desses conteúdos, de maneira superficial, voltando-se prioritariamente para aplicações cotidianas dos conceitos. Reserva-se para um segundo momento, conforme orientação do documento, o aprofundamento desses conteúdos, o que poderá ocorrer ou não, em função da realidade de cada escola.

Tal encaminhamento depende, no entanto, da realidade da escola e do seu contexto sociopolítico. A nova proposta para o Estado de Minas Gerais - “Reinventando o Ensino

Médio”, por exemplo, poderia comprometer a retomada e aprofundamento dos conteúdos, conforme proposto pelo CBC, uma vez que o número de aulas destinado a cada disciplina foi reduzido.

Por esta proposta, iniciada em 2012 e que se estende neste ano a todas as escolas da rede pública estadual de ensino de Minas Gerais, tem-se algumas diretrizes, como submeter a escola a selecionar, entre as dez áreas definidas como de empregabilidade, três para serem trabalhadas, respeitando a opção dos alunos e de seus responsáveis, em relação ao que melhor atenda às suas realidades. Entre estas áreas destacam-se: estudos avançados em ciências, destinada ao desenvolvimento de estudos relativos a temas e tópicos não contemplados no acervo dos Conteúdos Básicos Curriculares voltados para as Ciências da Natureza, envolvendo as disciplinas: Física, Química e Biologia.

A possibilidade de optar pela área que faz referência ao ensino de Ciências poderia ser uma oportunidade para explorar temas não contemplados no currículo, o que levaria a uma ampliação do desenvolvimento dessas disciplinas nas escolas. Sabe-se, entretanto, que, além de ser necessária tal escolha pelo educando e seu responsável, caberia à instituição escolher entre professores efetivos e efetivados, aquele que iria atuar nas disciplinas de empregabilidade, com base nos critérios de habilidade, perfil e interesse dos professores. Um fator complicador vem do fato de que muitos dos profissionais habilitados não têm tido interesse por falta de afinidade com os temas escolhidos pelos alunos.

O documento que regulamenta o *Reinventando o Ensino Médio* informa não haver perdas pelos alunos, em relação às disciplinas habituais e comuns do currículo do Ensino Médio. Ele propõe a redução de três para duas aulas semanais nas três áreas que compõem as Ciências da Natureza. O Currículo Básico Comum, por sua vez, estabelece os conteúdos mínimos obrigatórios a serem trabalhados em cada ano, no decorrer do Ensino Médio. É preciso pensar que a redução da carga horária de aulas semanais não impossibilita um trabalho efetivo e eficaz em termos de aprendizagem, porém, o fato de se estabelecer um número determinado de conteúdos pode inviabilizar que todos eles sejam trabalhados dentro da perspectiva da aprendizagem significativa, já que esta propõe que se estabeleçam ideias âncoras, às quais os conceitos específicos irão se interligar; e que, se ao avaliarmos o educando, for diagnosticada a inexistência de tais conceitos prévios, estes necessitam ser formalizados, o que demandaria um tempo hábil.

2.2 Aprendizagem significativa e aprendizagem significativa crítica

2.2.1 Teoria da aprendizagem significativa

Nesta pesquisa, utiliza-se como referencial teórico a aprendizagem significativa principiada por Ausubel *et al.* (1980), pela qual se compreende que o ensino e a aprendizagem passam por processos de orientação cognitiva, possibilitando transformação, armazenamento, e emprego das informações. Para tal, seria importante levar em conta os conhecimentos prévios do aluno, assim como as relações afetivo-sociais que são estabelecidas entre professores e alunos, entre aluno-aluno; além de se dar devida importância aos materiais didáticos que contribuem com a prática pedagógica.

Tomando a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, de cunho cognitivista, o ponto crucial para que um novo conhecimento seja integrado à estrutura cognitiva do indivíduo, seria a tomada dos conhecimentos prévios existentes. Para o autor, o fator que mais influencia a aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe. Ele aprenderá a partir do que já conhece, incorporando novos conhecimentos ao conhecimento existente e tornando-o mais elaborado, mais rico e diferenciado. Durante a aprendizagem significativa a estrutura cognitiva está constantemente se reestruturando. O autor propõe que:

Se tivéssemos que reduzir toda a psicologia educacional a um único princípio, diríamos: o fator singular mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra isto e ensine-o de acordo. (AUSUBEL, 1980, p.137)

Para Piaget (apud Moreira, 1999), a retomada dos conhecimentos prévios é denominada de Assimilação, ou seja, por um processo cognitivo, o sujeito coloca (classifica) novos eventos em esquemas existentes. Moreira *et al.* (2001) citando Novak (1997a) diz que a assimilação, no sentido ausubeliano, difere do conceito piagetiano no sentido de que o novo conhecimento irá interagir com conceitos específicos existentes na estrutura cognitiva e não com a estrutura como um todo e, ainda que modificações na aprendizagem significativa ocorrerá não como resultado de períodos gerais de desenvolvimento cognitivo e sim como resultado de uma crescente diferenciação e integração de conceitos específicos relevantes na estrutura cognitiva.

Ausubel (apud Moreira, 1999), aponta que a “teoria da assimilação” visa favorecer a compreensão de como ocorre a consecução e organização do conhecimento na estrutura cognitiva. Segundo ele, a assimilação ocorre quando um conceito ou proposição, potencialmente significativo, é assimilado sob uma ideia ou conceito mais inclusivo, já

existente na estrutura cognitiva. Permanecem relacionados e posteriormente o “subsunçor”⁵ é modificado em decorrência da intersecção entre eles. Segundo o autor a assimilação, ou ancoragem, facilita a retenção dos conhecimentos, pois:

Por exemplo, se o conceito de força nuclear deve ser aprendido por um aluno que já possui o conceito de força, bem-estabelecido em sua estrutura cognitiva, o novo conceito específico (força nuclear) será assimilado pelo conceito mais inclusivo (força) já adquirido. Entretanto, considerando que esse tipo de força é de mais curto alcance (em contraposição aos outros que são de longo alcance), não somente o conceito de força nuclear adquirirá significado para o aluno, mas também o conceito geral de força, que ele já tinha, será modificado e tornar-se-á mais inclusivo (i.e., seu conceito de força incluirá agora também forças de curto alcance). (MOREIRA, 1999,p.158)

Tal assimilação, portanto, estará vinculada à existência dos conceitos prévios. Um ponto a destacar é o fato de que experiências com a prática pedagógica permitem verificar que muitas vezes o aluno decora um conceito em função de não conseguir estabelecer intersecção destes com conteúdos anteriores, devido à inexistência dos mesmos.

Isto poderá ocorrer, por exemplo, na disciplina Física, ao se ensinar as unidades de medida, quando o alunado apresenta dificuldades em relacioná-las numa questão em função de não conhecerem unidades precedentes vistas em outros conteúdos. Assim, aplicam a fórmula de maneira “matematizada” e decoram qual unidade deverá utilizar. Em muitos casos acabam deixando as respostas sem unidades devido à dificuldade de fixarem termos que para eles não fazem nenhum sentido.

Segundo Ausubel *et al.*(1980) deve-se preferir a aprendizagem significativa à aprendizagem mecânica sendo que aquela ocorrerá quando o aprendiz fizer uso de significados já internalizados para ancorar os novos conhecimentos, aprendendo de maneira substantiva. Esta aprendizagem, comparativamente à aprendizagem mecânica ocorre de maneira rápida, ficando retida por mais tempo na estrutura cognitiva de quem aprende, evitando assim que o indivíduo tenha que se esforçar para fazer associações formais, arbitrárias e isoladas, dos conceitos ensinados. Sabe-se, entretanto, que nem sempre estará disponível, na estrutura cognitiva do aprendiz, o pré-requisito necessário ao conteúdo que será ensinado. Ausubel *et al.*(1980) reconhece a necessidade da aprendizagem mecânica na situação em que o conteúdo de ensino for inteiramente novo.

⁵ Subsunçor- termo inexistente em português. Pode-se considerar equivalente a facilitador, inseridor, subordinador. (AUSUBEL *et al.* 1980)

Para Ausubel (2003) a aprendizagem significativa é muito importante no processo educacional por permitir a aquisição e o armazenamento de maior quantidade de ideias e informações, de diversas áreas. Tal pontuação nos parece clara em função das conexões estabelecidas pelo sujeito entre conhecimentos já existentes e os advindos, sendo que ao incorporá-los ele atribui novos significados que tendem a ser mais contextualizados aos fatos, conceitos que conhece, fazendo reelaborações.

Com vistas a evitar a aprendizagem mecânica e propiciar a aprendizagem significativa, Ausubel *et al.*(1980) propõe uma forma de desenvolver conceitos “*subsunçores*” inexistentes, utilizando-se do que ele denominou “*organizadores prévios*”. Estes são materiais introdutórios, apresentados antes do conteúdo a ser ensinado, que tem como função encetar ligação entre aquilo que o aprendiz já sabe e o novo conceito a ser aprendido. Diferentemente de esquemas introdutórios, os organizadores são informações com maior nível de generalidade, de abstração e tendem a estabelecer maiores conexões, que possam estar subordinadas às informações a serem aprendidas. Segundo a teoria “ausubeliana” cabe ao professor averiguar quais os conceitos “subsunçores” que o aluno possui e buscar recursos para formalizar conteúdos ainda não existentes ou realçar os existentes, possibilitando haver aprendizagem significativa.

Diante da importância de proporcionar uma aprendizagem que seja significativa, tendo como princípio norteador o fato de que ela possibilitará ao aluno resultados diferenciados em termos de transferência do conhecimento para outras instâncias necessárias, surge o questionamento: o que falta ao corpo docente para promovê-la?

Primeiramente é preciso considerar o caráter provisório e contextual do conhecimento e da aprendizagem, percebendo inclusive que a qualidade dos procedimentos do ensino é também contextual. Isto é destacado por Lemos (2011) e afirmado também por Gowin (1981) relatando que o bom ensino deve atender às especificidades do conhecimento e do público alvo.

Além disso, Ausubel *et al.* (1980) apresenta como condições para haver aprendizagem significativa: a predisposição do aluno para relacionar de maneira substantiva o novo material e ainda a necessidade de que este material seja potencialmente significativo, incorporável à sua estrutura de conhecimento de forma substantiva. Ressalta, entretanto, que o potencial significativo de um material a ser aprendido varia de acordo com fatores tais como idade, condição sociocultural, ocupação, estrutura cognitiva. Em relação à estrutura cognitiva, Lemos (2011, p.27) afirma: “quanto mais estável e organizada a estrutura cognitiva do indivíduo, maior a sua possibilidade de perceber novas informações, realizar novas aprendizagens e de agir com autonomia na sua realidade”.

Com base no exposto, percebe-se a difícil tarefa da aprendizagem significativa, no que diz respeito à predisposição, pois isto dependerá não só do esforço dos sujeitos, mas também de sua mente, visto que a aprendizagem mecânica favorece a apresentação de respostas mais rápidas e pouco elaboradas, ainda que desprovidas de significado, de aplicação, de ligação com conteúdos vistos anteriormente.

Em relação ao comportamento das estruturas cognitivas no processo de aprendizagem, estudos recentes realizados por Willingham (2011) apontam que as pessoas são naturalmente curiosas, mas não são naturalmente boas pensadoras, o que para ele acarretará em uma tendência a evitar o pensar, a não ser que as condições cognitivas sejam favoráveis. E continua: a mente não foi planejada para pensar, para raciocinar, pois isso exige esforço.

É interessante a forma como esse autor aborda o nível de dificuldade das tarefas escolares, afirmando que se essas sempre forem difíceis, o aluno não sentirá estímulo em buscar-lhe a solução, pois todos gostam de resolver problemas, mas não de trabalhar em problemas sem solução. Para o aprendiz, a aprendizagem mecânica poderia ser uma tarefa mais fácil e com menor possibilidade de exigir grandes gastos de energia.

É consenso para alguns pesquisadores que a aprendizagem mecânica ocorre de maneira literal e arbitrária, não resultando na aquisição de novos significados e sim da simples memorização de conceitos, leis e fórmulas. Poderá ser útil para passar em exames, mas cairá em esquecimento tão logo sejam cumpridas suas finalidades, já que os conhecimentos são aprendidos para situações específicas e possivelmente não houve reelaboração de conceitos na estrutura cognitiva do aprendiz.

A aprendizagem considerada no seu âmbito significativo deve lançar mão de diversos recursos, tais como o material didático. No que diz respeito a materiais potencialmente significativos, percebe-se que o livro didático ainda é o material mais acessível e, portanto, mais utilizado nas escolas da rede pública estadual de ensino. Garantir que estes atendam individualmente a todos os sujeitos, no que diz respeito à capacidade do aluno em apreender certos conhecimentos naquele momento, é um trabalho fatigante e que exigiria dos autores um cuidado redobrado inclusive ao elaborar a sequência dos conteúdos a serem disponibilizados nos livros. Ainda assim este material poderá não atender adequadamente aos estudantes, que em função de fatores internos e externos diversos, poderão encontrar-se, no momento do ensino do que se propõe, em condições cognitivas diferenciadas.

Ausubel *et al.* (1980) exprime como primeiro critério, para um material potencialmente significativo, que este tenha um caráter não arbitrário, ou seja, que exista uma base adequada, ideias relevantes com as quais este material será relacionado. Como segundo critério apresenta

o que ele chamou de relação substantiva, que seria a relação estabelecida entre o material não aleatório e símbolos equivalentes da estrutura cognitiva do indivíduo. Nesse sentido:

Embora os professores desempenhem um papel importante, e sob muitos aspectos decisivos na orientação da aprendizagem, os problemas associados à educação antes e durante o treinamento dos professores são enormes. Dessa forma, acreditamos que um dos caminhos mais promissores para se melhorar o aprendizado escolar seja através da melhoria dos materiais de ensino. Os fatores mais significativos que influenciam o valor, para o aprendizado, dos materiais de ensino, referem-se ao grau em que estes materiais facilitam uma aprendizagem significativa. (AUSUBEL, 1980, p. 293)

Caso os materiais de ensino disponíveis falhem na possibilidade de serem potencialmente significativos, pode-se considerar, conforme já proposto, os “organizadores prévios” como aliados, tendo como primícias: a disposição de discentes e docentes na busca por uma aprendizagem significativa, a utilização de instrumentos diversos, tais como, textos, artigos, simuladores, apresentações de material diverso em programas de projeção, como organizadores da aprendizagem, promovendo a aquisição de conceitos ainda não formalizados.

Estudos teóricos relativos à aprendizagem significativa revelam a importância desse tipo de aprendizagem, a considerar a forma como os conceitos são organizados na estrutura cognitiva do indivíduo, obtendo resultados que perdurem por um tempo maior, decorrendo em possíveis transferências do conhecimento para situações diversas, como a aplicação para verificar funcionamento de equipamentos, o que pode ocorrer em função das necessidades de cada indivíduo.

Na busca por recursos diferenciados, a prática docente permite reconhecer que as atividades experimentais no ensino de Física, despertam o interesse e aguçam a curiosidade dos alunos em relação aos resultados que serão encontrados, quando da observação do fenômeno. Para Moreira e Levandowski (1983) a atividade experimental “é componente indispensável no Ensino de Física”.

Estudos revelam que é necessário que se tenha em conta os objetivos que se pretende obter com as atividades de experimentos, alertando para o fato de que elas podem, além de demonstrar, ter caráter investigativo. Segundo Azevedo (2012) apud Carvalho (2012) para que uma atividade possa ser considerada investigativa deve estar centrada na ação e conter características tais como: “o aluno deve refletir, discutir, explicar, relatar, o que dará ao seu trabalho as características de uma investigação científica”.

Ao educador cabe muitas vezes, a tarefa de ser o protagonista da busca por uma aprendizagem significativa. Isto implica lançar mão também de uma relação mais próxima com o educando, favorecendo o crescimento do indivíduo nos aspectos psicomotores e afetivos para

uma nova atuação no cotidiano, conforme Novak vem propor, refinando a teoria da Aprendizagem Significativa.

Segundo Moreira (1999), a proposta de Novak é mais ampliada. Parte da ideia de que a educação envolve experiências cognitivas, afetivas e psicomotoras, que concorrem para o crescimento do indivíduo no lidar com a vida diária. Nesse sentido considera relevante o pensar, o sentir e o fazer dos seres humanos conforme destacado a seguir.

A premissa básica da teoria de Novak é que os seres humanos fazem três coisas: pensam, sentem e atuam (fazem). Uma teoria de educação, segundo ele, deve considerar cada um destes elementos e ajudar a explicar como se podem melhorar as maneiras por meio das quais os seres humanos pensam, sentem e atuam (fazem). (MOREIRA, 1999, p.168)

A proposta de Novak, (apud Moreira, 1999) apresenta cinco elementos que considera estarem sempre presentes no contexto educacional: aprendiz, professor, conhecimento, contexto e avaliação. Levando em conta estes elementos Novak propõe como fundamental a concepção de que qualquer evento educativo deve implicar uma ação para trocar significados e sentimentos entre professores e aluno.

Novak (apud Moreira, 1999) considera que para aprender significativamente faz-se necessário dar significados ao novo conhecimento, através de interações com significados claros, estáveis e diferenciados. A predisposição para aprender, já destacada nos trabalhos de Ausubel como uma das condições para haver aprendizagem significativa, segundo Novak guarda com a aprendizagem significativa uma relação quase circular: “a aprendizagem significativa requer predisposição para aprender e, ao mesmo tempo, gera experiência afetiva”.

Gowin (apud Moreira, 1999) estende um pouco mais esta relação, indo até o material didático mostrando a interação entre aluno, professor e material de ensino. Percebe-se, no cotidiano das salas de aula, que os alunos tendem a ter maior interesse e a dar maior importância a conteúdos que se apresentem numa forma mais contextualizada, trazendo explicações de situações ou de equipamentos que fazem parte da vida cotidiana. Pode-se inferir aqui a possibilidade de uma educação visando a dar significado às experiências humanas, a partir do momento em que estes significados são partilhados entre professores, alunos e material de ensino. Desta relação triádica, segundo Gowin, resultaria o “compartilhar significados”. Entre os componentes que compõem o modelo de Gowin, destaca:

Um episódio de ensino ocorre quando é alcançado o compartilhar significados entre professor e aluno. Usando materiais educativos do currículo, professor e aluno buscam congruência de significados. Para aprender significativamente, o aluno tem que

manifestar uma disposição para relacionar, de maneira não-arbitrária e não- literal, à sua estrutura cognitiva, os significados que capta dos materiais educativos, potencialmente significativos, do currículo. (MOREIRA, 1999, ps. 178,179)

A aprendizagem significativa poderá também ter um componente crítico, quando o discente começa a intervir no conhecimento proposto, abandonando atitudes passivas, inflexíveis, dogmáticas, conforme suscitou Marco Antônio Moreira, autor da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica.

2.2.2 – Os Princípios da Aprendizagem Significativa Crítica de Moreira

Em seu trabalho Marco Antônio Moreira (2010), autor da teoria da aprendizagem significativa crítica propõe a formação de sujeitos críticos no sentido de que esses possam estar inseridos em sua cultura, conseguindo fazer bom uso da grande quantidade de informações existentes e das tecnologias disponíveis, sem serem dominados por elas. Para tal propõe a aprendizagem significativa crítica dizendo ser “aquela perspectiva que permite ao sujeito fazer parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, estar fora dela”. Assim:

É através da aprendizagem significativa crítica que o aluno poderá fazer parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, não ser subjugado por ela, por seus ritos, mitos e ideologias. É através dessa aprendizagem que ele poderá lidar construtivamente com a mudança sem deixar-se dominar por ela, manejar a informação sem sentir-se impotente frente à sua grande disponibilidade e velocidade de fluxo, usufruir e desenvolver a tecnologia sem tornar-se tecnófilo. (MOREIRA, 2010, p.7)

Apoiado nas ideias de Neil Postman e Charles Weingartner, Moreira (2010) cria alguns princípios facilitadores deste tipo de aprendizagem. Ele afirma que, além de significativa, a aprendizagem precisa ter um componente “subversivo”, o qual seria importante na sociedade contemporânea em que vivemos. Não propõe uma didática, mas uma série de princípios facilitadores que, conjuntamente, são organizados como uma teoria da aprendizagem significativa crítica. Para o autor, alguns dos princípios têm implicação direta no ensino que busca esse tipo de aprendizagem, outros são de natureza epistemológica, mas também podem servir como um guia ao professor para o ensino que promova uma aprendizagem significativa e crítica.

No primeiro princípio, denominado *Princípio de Conhecimento prévio*, Moreira (2010) relata a importância de se utilizar estratégias diversificadas e afirma que a aprendizagem significativa, no sentido de captar e internalizar significados socialmente construídos e contextualmente aceitos é o primeiro passo, ou condição prévia, para uma aprendizagem significativa crítica. Ou seja, para ser crítico de algum conhecimento, de algum conceito, de

algun enunciado, primeiramente o sujeito tem que aprendê-lo significativamente. Concorde com Ausubel, Neil Postman e Paulo Freire em relação à necessidade dos conhecimentos prévios para que ocorra uma aprendizagem significativa, acreditando que esta permitirá aos sujeitos uma postura crítica.

Pelo segundo princípio, *Princípio da interação social e do questionamento*, Moreira (2010) aponta a importância de se fazerem boas perguntas, ao invés de sempre dar respostas prontas ao aluno e de também permitir que o aluno possa elaborar suas perguntas. Para ele, quando o aluno consegue elaborar uma boa pergunta está usando seu conhecimento prévio de maneira não literal e não arbitrária. Dessa forma, justifica a importância de ensinar ao aluno a elaborar boas perguntas por ser esta a condição inicial para geração do conhecimento científico. Destaca a importância de uma postura aberta, dialógica, indagadora, curiosa por parte de professores e alunos. Corroborando com esse autor, Gowin (1981) afirma: “A interação social é indispensável para a concretização de um episódio de ensino. Tal episódio ocorre quando professor e aluno compartilham significados em relação aos materiais educativos do currículo”.

Moreira (2010) destaca também, pelo terceiro princípio - *Princípio da não centralidade do livro de texto*, a importância de professores e alunos desprenderem-se do livro texto, que é usado demasiadamente, e buscar outros recursos como: artigos científicos, contos, poesias, crônicas, relatos que, segundo o autor, representam melhor a produção do conhecimento humano. Para ele o livro didático deverá ser considerado um, entre os diversos materiais educativos. Ao defender o uso de materiais diversificados, Moreira (2010) acentua que os livros didáticos são muitas vezes utilizados para repassar verdades, certezas, conhecimentos isolados, estimulando-se assim a aprendizagem mecânica.

Segundo Moreira (2010), no seu quarto princípio - *Princípio do aprendiz como perceptor/representador*, em termos de ensino, o professor estará sempre lidando com as percepções dos alunos e ensinando a partir de suas próprias percepções. Pode-se dizer que o conhecimento será percebido pelos sujeitos de maneira diferenciada. Por esse princípio, pode-se inferir:

A ideia de percepção/representação nos traz a noção de que o que "vemos" é produto do que acreditamos "estar lá" no mundo. Vemos as coisas não como elas são, mas como nós somos. Sempre que dissermos que uma coisa "é", ela não é. Em termos de ensino, isso significa que o professor estará sempre lidando com as percepções dos alunos em um dado momento. Mais ainda, como as percepções dos alunos vêm de suas percepções prévias, as quais são únicas, cada um deles perceberá de maneira única o que lhe for ensinado. (MOREIRA, 2010, p.10)

Para o autor, a linguagem está totalmente implicada nas nossas tentativas de perceber a realidade. Quase tudo do que chamamos de “conhecimento” é linguagem. Assim, no seu quinto princípio - *Princípio do conhecimento como linguagem*, a chave para a compreensão de um conhecimento está na linguagem, que seria um jeito de falar e pensar diferentemente sobre o mundo. Aprender significativamente um conteúdo seria aprender sua linguagem e aprender criticamente seria perceber a nova linguagem como forma de perceber o mundo. Para ele:

Uma "disciplina" é uma maneira de ver o mundo, um modo de conhecer, e tudo o que é conhecido nessa "disciplina" é inseparável dos símbolos (tipicamente palavras) em que é codificado o conhecimento nela produzido. Ensinar Biologia, Matemática, História, Física, Literatura ou qualquer outra "matéria" é, em última análise, ensinar uma linguagem, um jeito de falar e, conseqüentemente, um modo de ver o mundo. (MOREIRA,2010,p.12)

No sexto princípio, Moreira (2010) considera relevante a experiência do educando e da sua linguagem particular, que ele denominou *Princípio da Consciência Semântica*, ao afirmar que é preciso tomar consciência que o significado das palavras é dado pelas pessoas e estas dão significado de acordo com suas próprias experiências. Ele afirma:

Observa-se aí, outra vez, a importância do conhecimento prévio, i.e., dos significados prévios na aquisição de novos significados. Quando o aprendiz não tem condições, ou não quer, atribuir significados às palavras, a aprendizagem é mecânica, não significativa. (MOREIRA, 2010, p.12)

Percebe-se que a escola muitas vezes pune os erros e busca promover a aprendizagem de conceitos, fatos, leis, teorias como verdades duradouras. Moreira, ao elencar o sétimo princípio, o *Princípio da aprendizagem pelo erro*, argumenta que, buscar solucionar o erro é aprender criticamente: encarar o erro como natural e aprender a partir da superação do erro. Para ele, o homem aprende corrigindo seus erros. Errado é pensar que existe certeza, que o conhecimento é imutável.

No oitavo princípio, *Princípio da desaprendizagem*, ele argumenta que, para aprender de maneira significativa faz-se necessário estabelecer uma relação entre o conhecimento novo e o conhecimento existente na estrutura cognitiva do indivíduo. Quando o conhecimento existente nos impede de aprender um conhecimento novo faz-se necessário a “desaprendizagem”. Desaprender aqui não significa apagar o conceito, o que seria impossível se houve aprendizagem significativa e sim de não usar aquele conhecimento prévio que está impedindo que o sujeito capte os significados compartilhados de um novo conceito.

O nono princípio estabelecido por Moreira (2010), denominado *Princípio da Incerteza do conhecimento*, diz que as definições são invenções humanas e que todo conhecimento é metafórico. Ele afirma que nosso conhecimento é incerto, pois depende das perguntas que fazemos sobre o mundo. As perguntas são instrumentos de percepção, sendo que a natureza da resposta vai depender da natureza da pergunta; respostas que damos são frutos da observação do mundo, que varia em função do sistema de símbolos disponíveis no observador. Assim, quanto mais limitado esse sistema, menos o sujeito é capaz de “ver”. Para o autor, definições são instrumentos para pensar e não têm finalidade fora do contexto para o qual foram inventadas. Devem ser percebidas como definições que foram inventadas para tal finalidade e que, talvez, outras definições pudessem servir é uma maneira crítica de aprender a definição.

Moreira (2010), no décimo princípio, *Princípio da não utilização do quadro-de-giz*, sustenta a ideia de minimizar ou acabar com o uso do quadro de giz uma vez que este representa o espaço onde o professor repete o conhecimento disponibilizado nos materiais didáticos, para que alunos copiem, decorem e depois repitam. O autor ressalta, no entanto, que eliminar o quadro de giz não resolve o problema. Para ele, o que se pretende é sair da lógica das respostas prontas e estabelecidas previamente para serem transmitidas. Ele propõe o uso de diversos materiais educativos que possibilitem a participação ativa e colaborativa dos alunos. Segundo ele, “o uso de distintas estratégias instrucionais que impliquem participação ativa do estudante e, de fato, promovam um ensino centralizado no aluno é fundamental para facilitar a aprendizagem significativa crítica.” (MOREIRA, 2010, p. 18)

Por fim, estabelece o décimo primeiro princípio, *Princípio do abandono da narrativa*, complementar ao *Princípio da não utilização do quadro-de-giz*, e sugere, ao invés da narração, feita pelo professor, dos conteúdos utilizando-se de um livro texto, permitir que os alunos interpretem os textos disponíveis nos livros e exponham sua inferência. Segundo este princípio, ao professor caberia a função de intervenção quando pertinente, trazendo discussões sobre os significados daquele tempo, deixando claro que poderá haver interpretações alternativas ou mesmo contraditórias para determinados conhecimentos. Como dado em seu texto:

Deixar o aluno falar implica usar estratégias nas quais os alunos possam discutir, negociar significados entre si, apresentar oralmente ao grande grupo o produto de suas atividades colaborativas, receber e fazer críticas. O aluno tem que ser ativo, não passivo. Ela ou ele tem que aprender a interpretar, a negociar significados, tem que aprender a ser crítico e a aceitar a crítica. (MOREIRA, 2010, p.19)

Para Moreira (1999) as teorias de Ausubel, Novak e Gowin constituem uma base coesa, no que diz respeito a ensino e aprendizagem, considerada por ele apropriada para referenciar o

cotidiano da sala de aula. Ausubel, trabalha a aprendizagem significativa, a partir da estrutura cognitiva do aprendiz; Novak apresenta a aprendizagem significativa através da associação construtiva do pensar, sentir e agir; e Gowin propõe que o ensino e a aprendizagem se assinalam pelos significados compartilhados entre aluno e professor em relação ao conhecimento proposto nos materiais educativos. Segundo Moreira (1999), a associação entre o pensamento dos autores, deixa o aluno preparado para aprender significativamente.

Em nosso entendimento Ausubel formulou a base da aprendizagem significativa, entretanto, as colaborações de Novak, Gowin e Moreira aproximam essa teoria cada vez mais dos espaços da sala de aula, ao tratar o indivíduo no contexto do pensar, sentir e agir, na relação triádica e no componente crítico do pensar. Moreira (2010) traz uma aplicação do que o professor precisa para a prática da sala de aula, mostra caminhos, que também em nosso entendimento são viáveis e possíveis. Entende-se que, para que ocorra efetivamente o conhecimento, é necessário, além de se estabelecer maneiras metodológicas adequadas, considerar a maturação das estruturas neurobiológicas e psíquicas e as condições emocionais e psicológicas equilibradas no indivíduo com o qual interagimos. O professor poderá desenvolver atitudes e técnicas que possam favorecer um melhor aproveitamento e construção do conhecimento, sempre levando em conta que, para além do seu intento, existe o universo de cada indivíduo.

2.2.3- A avaliação do ensino-aprendizagem

Para além da etapa da aprendizagem, é preciso considerar também a sua avaliação. Sabe-se que a intrigante tarefa de medir, avaliar é uma atividade inerente e inseparável da ação educativa, quando se pretende promover modificações na forma de pensar dos sujeitos nela envolvidos, e ainda avaliar a eficácia do ensino. Em relação à disciplina Física, verifica-se que solicitar dos discentes relatos de conceitos e resoluções de problemas tem sido a forma utilizada corriqueiramente, por muitos professores, para averiguar a aprendizagem. Observa-se, entretanto, que os resultados obtidos por este tipo de avaliação nem sempre são condizentes com o aprendizado efetivamente construído, conforme afirma Lemos (2011). Isto não quer dizer que a aprendizagem não dependa do ensino, mas o ato de ensinar pode não garantir os resultados.

Nesse sentido, convergem as ideias de Lemos (2011), quando afirma que a aprendizagem significativa tem um caráter idiossincrático, sendo, portanto, difícil de ser

medida por métodos de avaliação que não sejam processuais. Assim, vale considerar que ensino e aprendizagem não têm uma relação direta de causa e efeito, conforme indicou essa autora.

Percebe-se nas escolas grande exigência em apresentar resultados do ensino, advindas de administradores, pais ou mesmo de governantes e nesse sentido as avaliações estariam cumprindo uma função de atender tais demandas. Para tal são aplicados exames que visam a mostrar um resultado rápido, no sentido de “ou o aluno aprendeu ou não aprendeu”. Opta-se por analisar a definição de conceitos ou resolução de problemas, mesmo que o aluno não tenha compreendido de uma forma mais ampla e que seja possível estabelecer elo com outras situações, evidenciando que a aprendizagem se deu de maneira mecânica.

Para Ausubel (2003) nem sempre é fácil verificar a ocorrência de aprendizagem significativa, sendo que a compreensão genuína de um conceito se traduz em significados claros, precisos, diferenciados e transferíveis. Segundo o autor, a solução de problemas é um método válido e prático para mensurar a compreensão significativa das ideias, porém, não se pode afirmar que um aluno que não consegue resolver problemas não tenha tido boa compreensão dos conceitos e que apenas tenha memorizado mecanicamente. O bom desempenho em solucionar problemas exige, segundo Ausubel (2003), que outras capacidades estejam desenvolvidas, já que:

A resolução de problemas bem sucedida exige muitas outras capacidades e qualidades – tais como poder de raciocínio, perseverança, flexibilidade, ousadia, improviso, sensibilidade aos problemas e astúcia tática – além da compreensão dos princípios subjacentes. Por isso, o fracasso em resolver os problemas em questão pode refletir deficiências nestes últimos factores e não uma falta de compreensão genuína da passagem de aprendizagem. (AUSUBEL, 2003, p.130)

Entende-se por compreensão, ter clareza do que está sendo trabalhado, realizando possíveis conexões com algo já aprendido e conseguindo vislumbrar isso na prática, fazendo transferência do conceito a outras situações, mesmo que em uma determinada situação problema o aluno não seja capaz de aplicar princípios necessários para a sua solução. O autor sugere, como forma de elaboração de avaliações, que as perguntas e problemas a serem utilizados para avaliar a ocorrência de aprendizagem significativa, sejam apresentados de uma forma diferente daquela encontrada nos materiais de ensino: que se encarreguem de apresentar-se numa roupagem diferenciada e inexplorada.

Sias (2006, p.13) relata que, “no ensino de Física a aprendizagem pode ser avaliada como significativa, no momento em que não se exige dos alunos respostas prontas, exatamente iguais àquelas dos livros ou apostilas”. Ele cita a necessidade de deixar o aluno se expressar de

sua maneira, permitindo ao educador verificar a forma como os conteúdos de ensino estão organizados em sua estrutura cognitiva, possibilitando conferir a ocorrência de aprendizagem significativa.

Moreira (2012), discutindo a necessidade de novas posturas por parte dos docentes e das instituições e novas metodologias de ensino como formas de facilitar o aprender significativo, vem dizer de um novo jeito de avaliar. Ele inclusive aponta a avaliação como extensão do processo de aprendizagem. Segundo ele:

Esse tipo de avaliação, baseada no sabe ou não sabe, no certo ou errado, no sim ou não, é comportamentalista e geralmente promove a aprendizagem mecânica, pois não entra na questão do significado, da compreensão, da transferência. Se o aluno sabe resolver um problema, sabe definir algo, sabe listar as propriedades de um sistema, está bem, mesmo que não tenha entendido o problema, a definição ou o sistema. A avaliação da aprendizagem significativa implica outro enfoque, porque o que se deve avaliar é a compreensão, captação de significados, capacidade de transferência do conhecimento a situações não-conhecidas, não-rotineiras. (MOREIRA, 2012, p.26)

O autor diverge de Ausubel *et al.*(1980), no que diz respeito à elaboração de questões em uma roupagem nova e desconhecida, somente no momento da avaliação. Para Moreira (2012), isso não seria o mais viável. E acrescenta: o aluno precisa ser preparado para enfrentar situações novas no momento de ensino. Aconselha que as questões diversificadas sejam utilizadas já no processo instrucional, de maneira progressiva.

Silva (2007) foi citado por utilizar mapas conceituais como métodos para a aprendizagem significativa. Para ele, tais mapas, além de contribuírem com a aprendizagem significativa, também permitem buscar evidências de ocorrência da mesma, por meio da identificação de aspectos relevantes como relações interconceituais e a formação de proposições. Diante dos mapas construídos pelos alunos para verificar a existência desse tipo de aprendizagem, Silva (2007) utiliza dois princípios ausubelianos: a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa.

A diferenciação progressiva, segundo o autor, será identificada através de uma hierarquia conceitual adequada, partindo de conceitos gerais aos específicos, e a reconciliação integrativa será identificada a partir das novas relações cruzadas entre os conceitos, gerando novos significados. Moreira & Masini (2001) definem a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa de Ausubel da seguinte forma:

a) diferenciação progressiva é o princípio pelo qual o assunto deve ser programado de forma que as ideias mais gerais e inclusivas da disciplina sejam apresentadas antes e, progressivamente diferenciadas, introduzindo os detalhes específicos necessários. Essa ordem de apresentação corresponde à sequência natural da consciência, quando

um ser humano é espontaneamente exposto a um campo inteiramente novo de conhecimento. b) reconciliação integrativa é o princípio pelo qual a programação do material instrucional deve ser feita para explorar relações entre idéias, apontar similaridades e diferenças significativas, reconciliando discrepâncias reais ou aparentes. (MOREIRA & MASINI, 2001, p.30)

Neste propósito, a avaliação poderia utilizar-se de textos que estabelecem uma conexão rasa entre o que vai ser questionado, para posteriormente realizar uma amarração mais estreita. Isto poderia inclusive, ampliar a noção do aluno para certo conceito, percebendo que aquilo se aplica a outras situações. Feito isto, o aluno será implicado na necessidade de realizar interligação e apontar diferenças e semelhanças, efetuando a reconciliação integrativa. Isto pode ser verificado em avaliações como as do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM).

A avaliação da aprendizagem significativa, portanto, precisa ter uma característica diferenciada das avaliações atuais, apontadas como simples exames. Pode-se dizer que a avaliação da aprendizagem significativa permitiria ao aluno estar sempre retomando e refazendo seus conceitos e explicações, para que pudesse progressivamente adquirir novos significados advindos de todos os instrumentos e métodos utilizados para ensinar. Esses aspectos poderão ser evidenciados pelo discente durante a realização de atividades em aula e não necessariamente apenas em avaliações formais. Faz-se necessário considerar às explicações e justificativas dadas pelo aluno, em qualquer atividade realizada por ele.

Acredita-se assim, que este tipo de avaliação tenha caráter formativo no sentido de permitir ajuste do ensino e da aprendizagem, sendo uma extensão dos mesmos. Para Coll *et al.*(2003) a avaliação formativa cumpre o papel de avaliação com função pedagógica, sendo: “aquela que se realiza durante um processo de ensino e aprendizagem e que tem como objetivo fundamental regular, de maneira interativa, esse mesmo processo, especialmente no que se refere ao ensino”.

Pode-se inferir que promover e avaliar a aprendizagem significativa são desafios perante o objetivo divergente estabelecido pelos organismos e dirigentes da Educação no país. Existe a necessidade de estabelecer um escopo, finalidade e metas comuns que seriam o norte necessário para a construção desafiante do ensino e aprendizagem significativa. Os documentos que referenciam a educação no país e mais especificamente em Minas Gerais citam a importância de se promover a aprendizagem significativa, mas há brechas nesses documentos, no que concerne ao entendimento do que é essa aprendizagem significativa.

Somado a isto, o docente precisa buscar uma formação que o habilite a desenvolver este tipo de ensino, como afirmou Lemos (2011) defendendo que os conceitos e princípios desta teoria devem ser tratados como um conhecimento de base comum para os profissionais que

atuam no processo educativo, sendo explicitados e discutidos inclusive em programas de formação, para que seja possível ao educador adaptar o material didático disponibilizado.

Lemos (2011) ainda acrescenta:

A adoção da Teoria da Aprendizagem Significativa como referencial teórico para subsidiar o planejamento, desenvolvimento e avaliação do ensino determina uma ação docente mais atenta para a natureza do conhecimento do aluno e, portanto, com maiores chances de favorecer a ocorrência de aprendizagem significativa por sua parte. (LEMOS, 2011, p.26)

2.2.4. Estudos realizados em aprendizagem significativa

Muitos trabalhos na literatura avaliam a proposta da Aprendizagem Significativa. Um dos temas refere-se aos livros didáticos disponíveis nas escolas, para professores e alunos. Na dissertação de Sobrinho (2009), é avaliado o potencial significativo dos livros de Física utilizados no ensino médio, para o estudo do efeito estufa. O autor verifica, em muitos livros, erros e omissões em relação ao conceito de calor, e registra que menos de sessenta por cento desses livros podem ser considerados satisfatórios, em significados lógicos e psicológicos, para obtenção de aprendizagem significativa. Essa ideia é também compartilhada por Lemos (2011).

Outra pesquisa é realizada por Espíndola (2005) em turmas da Educação de Jovens e Adultos. Sujeitos envolvidos em projetos diferenciados puderam escolher assuntos que tivessem alguma relação com seus conhecimentos prévios. Como resultado dos trabalhos desenvolvidos, mediados pela pesquisadora, relatou-se mudança significativa no interesse dos alunos e também na qualidade da aprendizagem. Ela pôde perceber, nesse trabalho, outro enfoque dado às ideias-âncora, ou seja, os novos conhecimentos buscam ancoragem em equipamentos, conhecimentos do seu cotidiano, não necessariamente cientificamente aceitos, e que compreendemos possibilitarem aprendizagem significativa para o aprendizado de física.

No estudo de Espíndola (2005), o trabalho com projetos didáticos propicia articulação de atividades educativas de maneira potencialmente significativa. Entende-se assim, que a autora utiliza os projetos como forma de obtenção de material potencialmente significativo, uma das condições consideradas por Ausubel (1980) para ocorrência deste tipo de aprendizagem.

A predisposição é citada nos escritos de Espíndola (2005), que, buscando obter uma aprendizagem significativa na educação de jovens e adultos(EJA), desenvolveu com os alunos diversos projetos que contemplaram temas de Física, considerados de maior aplicabilidade para

este público. No entender da pesquisadora, alunos da EJA apresentam como diferencial a disposição para aprender.

Segundo Espíndola (2005), para este tipo de público, devem-se usar novas metodologias de ensino que possibilitem aos integrantes estabelecerem relação entre o conhecimento científico e a vida prática. Frente às grandes dificuldades em trabalhar com alunos que estão, desde muito tempo, desvinculados da escola, esta seria uma forma de viabilizar certa bagagem de conhecimentos, possibilitando aos alunos concluírem esta etapa de ensino.

A ancoragem utilizada pela autora irá ocorrer quando o sujeito dispuser de conceitos prévios aos quais o novo conhecimento irá se interligar. Observa-se também, a utilização de “organizadores prévios” como forma de estabelecer ligação entre conceitos prévios e o conteúdo de estudo. Outra pesquisa (SANTOS, 2005), propõe buscar aprendizagem significativa no ensino de Física I, através da criação de mini-aplicativos JAVA e animações interativas Modellus, podendo estes ser utilizados para um curso de Física I, presencial ou à distância. Inicialmente o autor apresenta conceitos mais gerais e inclusivos como conservação de energia e força, buscando também verificar conhecimentos prévios dos alunos através de discussões e testes.

Na busca por recursos diversificados, pontua-se o uso dos mapas conceituais. Esses consistem em figuras realizadas pelo próprio educando, nas quais ele coloca um assunto central e vai ligando-o a conceitos hierárquicos que fazem conexão com o inicial.

Em Silva (2007) encontramos o uso desses mapas, visando a obter uma aprendizagem significativa do conteúdo de calorimetria. O autor revela que a comparação de mapas conceituais desenvolvidos antes, durante e depois do ensino de calorimetria, permitem verificar a ocorrência de aprendizagem significativa.

De acordo com Gonçalves (2005) a utilização de tecnologias educacionais para trabalhar o conteúdo de Física térmica são instrumentos que podem contribuir para a aprendizagem significativa dos conceitos. Segundo a autora, a Física térmica é alvo de muitas confusões por parte dos alunos ao tentarem definir conceitos. Ela observa que há poucos recursos experimentais disponíveis para trabalhar tal assunto, justificando a necessidade de criar novos recursos. Cita a possibilidade de utilização dos simuladores como “organizadores prévios”, visando a desenvolver conceitos necessários à aprendizagem de Física térmica.

Fizemos até aqui apontamentos referentes às teorias que referenciam a Aprendizagem Significativa e Significativa crítica, partindo de uma contextualização por meio dos documentos que regulamentam o Ensino Médio na atualidade. A seguir, será feita a descrição do processo metodológico, levantando o aporte teórico do mesmo, ambiente de realização da

pesquisa, características referentes ao grupo participante da pesquisa, instrumentos utilizados e o percurso das atividades da pesquisa. Tendo por premissa os autores apresentados, que discutem com propriedade teorias de ensino e aprendizado, busca-se apropriar desses elementos como forma de propiciar pilares, que possam dar sustentação ao ensino e aprendizagem da calorimetria. Esse trabalho foi desenvolvido de forma a revelar nuances presentes nessas teorias e que, podem ganhar força nas estratégias utilizadas na sala de aula, como forma de aprender significativamente. Apresenta-se caminhos possíveis, nas trilhas singulares do ensino e aprendizagem de conteúdos da Física.

3 METODOLOGIA

3.1. Aporte teórico da metodologia

Quanto à natureza da pesquisa, optou-se pela abordagem qualitativa, por ser considerada uma investigação adequada no campo da educação, uma vez que o investigador insere-se no ambiente da pesquisa, interagindo ali e verificando fenômenos sobre os quais esteja interessado, porque se preocupa com o contexto. Ele leva os sujeitos a se expressarem livremente sobre determinado assunto e capta interpretações dadas pelas pessoas, compreendendo que as ações podem ser mais bem compreendidas, se observadas no ambiente em que ocorrem.

Na abordagem qualitativa, há uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, isto é, há um vínculo indissociável entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito, que não pode ser traduzido em números. A interpretação dos fenômenos e a atribuição de significados são básicas no processo dessa pesquisa, sendo o pesquisador, instrumento-chave. Essa abordagem é descritiva, pois a descrição se aplica melhor quando se pretende também cuidar dos detalhes. O processo e seu significado são os focos principais.

Para Bogdam & Biklen (1994) a abordagem qualitativa agrega estratégias diversas para investigação, tais como entrevistas e consulta a materiais. Ao tratar os dados como qualitativos faz-se referência a dados ricos em detalhes, relativos a pessoas, locais e conversas. Nesse sentido, entende-se que para investigar qualitativamente é necessário que o pesquisador esteja presente no local de pesquisa buscando associação entre as palavras, os gestos e as expressões dos sujeitos, no contexto em que estão inseridos. Torna-se também relevante uma observação consistente a detalhes do espaço físico. Bogdam & Biklen (1994) apontam que, para este caso os pesquisadores:

Privilegiam, essencialmente, a compreensão dos comportamentos a partir da perspectiva dos sujeitos da investigação. As causas exteriores são consideradas de importância secundária. Recolhem normalmente os dados em função de um contacto aprofundado com os indivíduos, nos seus contextos ecológicos naturais. (BOGDAM & BIKLEN, 1994, p.16)

Esse tipo de abordagem é focada, segundo Bogdam & Biklen(1994) no modo como as definições se formam. Os investigadores tendem a analisar seus dados indutivamente. Não se trata de montar quebra-cabeças cuja forma final se conhece previamente, mas se está

construindo um quadro que vai ganhando forma a partir do que se recolhe e examinam-se as partes. Assim,

O processo de análise de dados é como um funil: as coisas estão abertas no início e vão se tornando mais fechadas e específicas no extremo. O investigador qualitativo planeia utilizar parte do estudo para perceber quais são as questões mais importantes. Não presume que se sabe suficiente para reconhecer as questões importantes antes de efetuar a investigação. (BOGDAM & BIKLEN, 1994, p.16)

Quanto às finalidades, esta pesquisa se caracteriza por seu caráter intervencionista. Nesse sentido, vai além da explicação; interpõe-se, interfere na realidade estudada para modificá-la. Distingue-se da pesquisa aplicada, pelo compromisso de não somente propor resoluções de problemas, mas resolvê-los efetiva e participativamente.

Para tal, buscou-se desenvolver atividades que contemplassem formas diversas de trabalhar os conteúdos, de maneira a permitir: observação, diálogo, reflexão, descoberta, socialização, capacidade de síntese, análise, aplicação de conceitos, argumentação, interpretação.

Conforme Cassandre & Godoi (2013), a intervenção que tem esse tipo de mediação por parte do pesquisador, possibilita o desenvolvimento da capacidade dos participantes de estarem conscientes do conceito de sua atividade e, por eles mesmos, encontrarem razões e soluções para a mudança planejada. Cassandre & Querol (2013) complementam:

Nesse contexto, a metodologia intervencionista segue uma lógica baseada em princípios teóricos da ação coletiva, principalmente considerando uma epistemologia da ação subjacente à epistemologia do conhecimento, que reflete e conduz o pesquisador às raízes da ação, em que as ideias, os conhecimentos produzidos e os atores se expandem, se modificam e se transformam coletivamente, podendo posteriormente, transformar as regras ou leis em elementos estabilizados. (CASSANDRE & QUEROL, 2013, p. 3)

No que diz respeito ao meio de investigação, utilizou-se também da observação participante. A observação participante é aquela em que os dados são coletados no ambiente natural das pessoas quando estão estudando em classe por exemplo, é uma estratégia que envolve não só observação direta, mas todo um conjunto de técnicas metodológicas, pressupondo, conforme afirmam Fiorentini & Lorenzato (2007), grande envolvimento do pesquisador na situação estudada.

3.2. Ambiente

A pesquisa foi realizada em uma escola da rede estadual de ensino, situada na cidade de Entre Rios de Minas, no estado de Minas Gerais. A cidade é interligada à capital do estado pela MG 385 e BR 040 em uma extensão de 120 km. A escola foi inaugurada em 1910, na região central da cidade e seu nome leva o sobrenome do senador que apoiou a sua instalação, o Senhor Francisco Ribeiro de Oliveira. Nela funcionam o Ensino Fundamental de sexto ao nono ano, o ensino médio regular, ensino integral, e educação de jovens e adulto (EJA) e o *Projeto Acelerar para Vencer* (PAV).

A pesquisadora trabalha nesta escola há aproximadamente dez anos e, em virtude da sua permanência como professora na escola em um dos dois cargos que ministra aulas, optou por desenvolver o trabalho na mesma escola onde atua, em turno diferente ao de sua atuação, com sujeitos que não fossem seus alunos, por considerar que tal fator poderia interferir na coleta dos dados. O turno no qual foram desenvolvidas as atividades funciona no período de 12:30h às 17:00h. Assim, a pesquisadora ministrou aulas a uma turma de outro professor, durante o desenvolvimento da pesquisa.

A escola possui um espaço adequado, com 11 salas de aula, um laboratório de ciências biológicas, uma sala de informática, uma área de convivência e alimentação e um pátio cimentado. Além disso, possui sala para recepção, diretoria, secretaria, sala de professores, cozinha, banheiros, sendo um para pessoas com deficiência e sala de depósito para livros didáticos. Existe na escola um espaço de aproximadamente 80 metros quadrados destinado a atividades de Educação Física, além de uma quadra para esportes, também utilizada para este fim. Há também um pequeno salão com capacidade para aproximadamente duzentas pessoas. A escola conta com uma biblioteca, aberta para a escola e para a comunidade, com um acervo de aproximadamente doze mil livros.

Com relação a equipamentos, a escola dispõe de recursos audiovisuais tais como: TV's 30" com DVD, vídeo, data show, micro system, microscópio, câmara digital e notebook. Possui acesso à Internet em banda larga, disponível na sala de informática e também um computador na sala de professores, à disposição do corpo docente. A secretaria é informatizada.

A sala de aula, na qual foram desenvolvidas as atividades desta pesquisa, tem um espaço de aproximadamente um metro quadrado por aluno. O quadro utilizado é de giz e a sala tem três murais dispostos nas paredes para anexar informações e/ou divulgar trabalhos dos alunos. Em um desses murais observa-se um mapa da sala de aula dispendo a organização dos alunos nas carteiras. Recursos tais como: televisão, data show, computadores não ficam no espaço interno da sala, sendo necessário solicitá-los para sua utilização.

O quadro de pessoal conta com 40 professores, uma diretora, duas vice-diretoras, três supervisoras, sete secretárias, duas bibliotecárias, e dois profissionais em ajustamento funcional. Os profissionais do corpo docente, em sua maioria, são habilitados para as disciplinas que lecionam; há ainda, entre eles, dois mestres da área de matemática. Cerca de 70% dos professores são efetivos.

O turno, no qual foi desenvolvida a pesquisa, conta com serviço de supervisão que acompanha o trabalho desenvolvido pelos professores. O trabalho desse profissional busca monitorar as atividades desenvolvidas nas salas, além de acompanhar os planejamentos anuais cotidianamente, bem como as avaliações feitas pelos professores antes e após sua aplicação, além de dar suporte aos professores em situações nas quais sua ajuda é solicitada. O serviço de supervisão também acompanha a realização de atividades de intervenção pedagógica para alunos com dificuldades de rendimento, acompanhando os resultados dos alunos junto aos pais ou responsáveis.

De acordo com dados do censo escolar 2013, há na escola 23 turmas cadastradas, perfazendo um total de 765 alunos, sendo que 22 frequentam aulas regulares pela manhã e retornam para atividades complementares à tarde. Do total de 765 alunos, 102 residem na zona rural. O ensino médio é oferecido na escola nos turnos da manhã e da tarde. Como o estado de Minas Gerais não tem permitido a abertura de turmas do Ensino Médio Regular no turno da noite, alunos do Ensino Médio que precisam trabalhar durante o dia, optam por parar de estudar, para posteriormente concluir seus estudos na EJA, ao atingirem idade própria.

Em relação ao processo de organização das turmas, o critério adotado é a idade, mas por questões de logística de transporte, no período da manhã estão mais concentrados os alunos que residem na zona rural. Aqueles residentes da zona urbana estão mais concentrados no turno da tarde. A convivência com os alunos destes turnos permite observar que há uma divergência em relação aos seus objetivos, já que, em sua maioria, os alunos do turno da tarde almejam e tendem a prosseguir nos estudos e os do turno da manhã, por sua vez, desejam apenas concluir o ensino médio.

Alunos do ensino fundamental e médio utilizam, como material didático, os livros oferecidos pelo Governo do Estado de Minas Gerais. Em caso de complementação desse material, não existe, para o professor, a disponibilidade de reprodução em fotocópias, de outros livros ou textos, devendo isto ser feito por ele próprio. A instituição oferece o serviço de fotocópias apenas para exames.

O regimento interno da instituição, em seu artigo primeiro, apresenta como objetivo geral: “a educação, dever da família e do estado, inspirada nos princípios de liberdade e de

solidariedade humana, tem por finalidade o pleno desenvolvimento do educando, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho” (REGIMENTO, p. 3). Entre os objetivos específicos para o ensino médio, conforme consta no capítulo III, Artigo cinco, destacam-se:

a consolidação e aprofundamento dos conhecimentos adquiridos no ensino fundamental, possibilitando o prosseguimento em estudos; a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática e o aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento intelectual do pensamento crítico (REGIMENTO, p. 4).

Destaca-se ainda como objetivo específico do estabelecimento, capítulo V, Art. 11, “proporcionar condições para o desenvolvimento da capacidade de observar, analisar, refletir e tomar decisões necessárias ao exercício consciente da cidadania e à prática competente da profissão” (REGIMENTO, p. 4).

O Projeto Político Pedagógico (PPP) trata da importância do planejamento coletivo para a construção de uma escola ideal, visando ao desenvolvimento das habilidades e competências, objetivando promover uma educação de qualidade. Afirma a necessidade de direcionar o ensino da escola para a formação de cidadãos críticos, conscientes e responsáveis.

No Projeto Político Pedagógico, destaca-se, como filosofia da escola, a prioridade dada à formação geral do aluno (intelectual, moral, espiritual, física, ambiental, social, cultural e política), bem como o envolvimento dos familiares no processo de formação. Prioriza também a busca por bons resultados objetivando que a escola seja reconhecida como instituição de referência: pelo ensino ministrado, pela valorização dos alunos e colaboradores e pela competência profissional da equipe. Assim a escola tem como missão: “oferecer um ensino de qualidade, garantindo a participação ativa da comunidade escolar, contribuindo para a formação integral dos alunos, a fim de que possam agir na transformação de seu meio social” (PPP, p 9).

Entre os objetivos da escola, apresentados no PPP, destacam-se: “oportunizar a contextualização dos conteúdos, a interdisciplinaridade e a aprendizagem significativa; proporcionar meios para o desenvolvimento de habilidades que concretizem o aprendizado significativo” (PPP, p.9).

Dessa maneira, após a leitura do Projeto, percebe-se que o termo “aprendizado significativo” vem dizer de um conhecimento para o qual o aluno consiga enxergar significado em seu cotidiano. Não fica claro, no projeto, qual é o conceito desse termo, o que seria, de fato,

essa aprendizagem significativa. Quais as implicações que o uso desse conceito como objetivo da instituição, traria para o seu cotidiano?

Percebe-se, nestes documentos, uma preocupação da instituição em trabalhar um ensino de qualidade, que possibilite formação integral do discente e que atenda aos padrões de exigência da atualidade, valorizando o trabalho coletivo para se alcançar os resultados pretendidos.

3.3. Sujeitos

Antes da aplicação das atividades da pesquisa, procurou-se conhecer um pouco mais sobre o grupo com o qual o trabalho seria desenvolvido, e estabelecer contato com sua realidade social, econômica e cultural, objetivando adequar as atividades propostas para que fossem o mais próximo possível da realidade do grupo pesquisado. Com esse intuito aplicou-se um questionário sócio econômico cultural (APÊNDICE A), atividade realizada em fevereiro de 2014.

A turma escolhida para a pesquisa é do segundo ano do Ensino Médio do Ensino Regular, do turno da tarde. Conta com 31 alunos, sendo 21 do sexo feminino e 10 do sexo masculino, com idades homogêneas (faixa etária compreendida entre 16 a 17 anos de idade) e, em sua maioria, novatos na série. Apenas um aluno era repetente e havia outro aluno que, por ter sido reprovado na disciplina Física no ano anterior, cursava a dependência de Física I, na turma do primeiro ano.

O acesso à escola é facilitado pela sua centralidade e porque muitos alunos residem em suas imediações. Verificou-se que os discentes locomovem-se até a escola sem a necessidade de utilização de um meio de transporte. Apenas um aluno mora na zona rural e utiliza-se de ônibus oferecido gratuitamente pela prefeitura, para chegar à escola.

Conforme pesquisa realizada, 46,88% dos alunos são acompanhados pelas mães que não trabalham fora; 34,37% encontram a mãe somente à noite, já que estas trabalham oito horas diárias; e 18,75% encontram as mães com frequência regular, pois estas trabalham apenas quatro horas por dia. Entre as mães que trabalham fora, 41% tem salário superior a um salário mínimo, as demais têm salário igual ou inferior ao mínimo.

Aproximadamente 69% dos alunos não trabalham e os demais trabalham 4 horas por dia.

Quanto a outros cursos complementares, observou-se que, do total de alunos da turma pesquisada, 15,63% fazem curso de inglês em horário extra, 3,13% cursam design, 3,13% cursam informática e 3,13% fazem curso de cabeleireiro.

Com relação ao número de horas diárias de estudo, neste grupo observou-se que: 28,13% dos alunos costumam estudar uma hora ou menos por dia; 16,00% estudam entre uma a duas horas diárias; 3,00% costumam estudar de duas a três horas por dia; 37,50% estudam somente em datas de prova; e os demais (15,24%) raramente estudam. Os registros no diário de aulas permitiram verificar que o grupo é bastante frequente. A supervisora escolar mostrou registros de que a turma não apresenta problemas disciplinares, destacando apenas os casos de alunos que apresentam dificuldades recorrentes em determinados conteúdos.

Em relação a outras atividades de lazer, esporte e cultura, 72,00% dos alunos praticam alguma atividade esportiva, e seis por cento realizam cursos complementares na área artística, cultural, musical ou de entretenimento.

Em relação ao uso das tecnologias como a internet verifica-se que este é um recurso amplamente utilizado pela grande maioria dos alunos, sendo que: 12,50% acessam a internet menos que uma hora por dia, 28,13% dos alunos acessam a internet de uma a duas horas por dia, 9,37% acessam entre duas a três horas por dia, 40,63% acessam mais que três horas diárias e os demais (9,37%) raramente acessam a internet. Dos alunos que acessam a internet verificou-se que aproximadamente 72,00% utilizam a internet para fazer pesquisas, além de buscas em sites de notícias. Um dado relevante é que o facebook é utilizado por 84,37% dos alunos que fazem uso da internet.

Quanto à constituição familiar da turma, são famílias relativamente pequenas: em apenas 18,75% há seis pessoas ou mais no núcleo familiar. Todas as demais famílias são compostas por número igual ou inferior a cinco pessoas.

Em relação à profissão e emprego dos pais dos alunos, apenas um encontra-se atualmente desempregado. Do total, aproximadamente 44,00% são autônomos, nas seguintes categorias: comerciante, produtor rural, pedreiro, estofador, advogado, costureiros; aproximadamente 44,00% estão empregados como jardineiros, frentistas, instrutores de autoescola, vendedores, motoristas, operadores de máquinas, funcionários públicos; e os demais (12,00%) não foi identificada, pois a profissão desses pais não foi informada pelo aluno.

No sentido de saber em que condições econômicas vivem os sujeitos, foram apresentados questionamentos em relação à renda familiar. Verificou-se que 18,75% dos alunos dizem ter renda entre um e dois salários mínimos, 31,25% têm renda entre dois e três salários

mínimos; 25,00% informaram renda familiar entre três e quatro salários mínimos; 15,63% têm renda entre quatro a seis salários e os demais (9,37%) renda superior a seis salários mínimos.

Os alunos foram questionados quanto à utilização de determinados artefatos tecnológicos. Observou-se assim que, entre os 31 alunos que participaram da pesquisa, os artefatos domésticos mais conhecidos e/ ou utilizados foram: fogão, geladeira e garrafa térmica, seguido de micro-ondas, ebulidor, sensor de presença e aquecedor solar.

3.4. Instrumentos

Nesta pesquisa, utilizaram-se alguns instrumentos que possibilitaram o acesso aos dados qualitativos. Foram aplicados questionários, em sua maioria com questões abertas, no sentido de atender ao tipo de análise proposta. Além desses, outros instrumentos como diários de campo também foram utilizados.

Para Fiorentini & Lorenzato (2007), embora atualmente os questionários sejam pouco utilizados, em pesquisas qualitativas eles representam uma forma complementar de informações. Os autores afirmam que:

[...]os questionários podem servir como uma fonte complementar de informações, sobretudo na fase inicial e exploratória da pesquisa. Além disso, eles podem ajudar a caracterizar e a descrever os sujeitos do estudo, destacando algumas variáveis como idade, sexo, estado civil, nível de escolaridade, preferências, número de horas de estudo, número semanal de horas-aula do professor, matérias ou temas preferidos etc.(FIORENTINI & LORENZATO, 2007, p.117)

A elaboração de questionários pode se dar utilizando questões abertas ou fechadas, de forma estruturada ou semiestruturada. Nesta pesquisa, priorizaram-se questões abertas, considerando que este tipo de questão amplia as possibilidades de análise qualitativa dos dados. Algumas questões apresentaram parte aberta e parte fechada, chamadas de perguntas mistas. (FIORENTINI & LORENZATO, 2007).

Para a coleta dos dados utilizou-se, ainda, da observação participante, por ser esta uma estratégia que possibilita dados passíveis de análise qualitativa. Segundo Bogdam & Biklen (1994, p. 16) para esse tipo de observação, “o investigador introduz-se no mundo das pessoas que pretende estudar, tenta conhecê-las, dar-se a conhecer e ganhar a sua confiança, elaborando um registro escrito e sistemático de tudo aquilo que ouve e observa”.

Compreende-se que o contato direto do pesquisador com o fenômeno pesquisado permite descrever os sujeitos, os locais, os acontecimentos e as atividades. Para tal deve-se

lançar mão de técnicas que lhe permitam envolver-se na situação estudada e fazer registros da melhor forma possível, visando à maior confiabilidade do trabalho. Para Fiorentini & Lorenzato (2007):

Para que uma pesquisa seja confiável, é preciso planejá-la quanto aos aspectos do problema a serem observados e quanto à forma de observar e registrar os fenômenos, isto é, sobre “o que” e o “como” observar. É preciso que o pesquisador necessite de uma fase de preparação para aprender a: concentrar sua atenção durante a observação participante; separar os detalhes importantes dos triviais; fazer anotações organizadas. Esses cuidados são essenciais para diminuir os vieses subjetivos nas observações e, também, para não se perder diante da complexidade e abundância de dados. (FIORENTINI & LORENZATO, 2007, p.108)

No sentido de se obter maior fidedignidade e validade em relação às informações coletadas, e ainda de poder selecionar aquelas de maior materialidade frente aos objetivos da pesquisa, foram utilizados gravadores. Estes foram dispostos de maneira a ouvir cada aluno no instante em que participava oralmente nas discussões.

Diante da possibilidade de conversas simultâneas, durante atividades de dupla, que poderiam comprometer a qualidade do som, utilizou-se também do diário de campo, no qual a pesquisadora fez um registro das aulas, relatando todas as informações consideradas relevantes. Para Fiorentini & Lorenzato (2007, p.118) “ um dos instrumentos mais ricos de coleta de informações durante o trabalho de campo é o diário de campo”. Alguns pesquisadores alertam para a necessidade de estar atento em relação à subjetividade do pesquisador, devendo-se tomar cuidado com reflexões que são próprias dele e não dos participantes da pesquisa.

Aplicaram-se inicialmente, dois questionários visando a conhecer melhor as condições em que vivem os sujeitos da pesquisa e a sua relação com a disciplina Física. Posteriormente foi aplicado um questionário (Q1), para verificar a existência de conhecimentos prévios. Este questionário serviu para análise da existência de conteúdos considerados, segundo o olhar da pesquisadora, necessários de serem formalizados para trabalhar o conteúdo de calorimetria. Após analisados os resultados do questionário Q1, utilizou-se dos “organizadores prévios” da aprendizagem, para trabalhar assuntos considerados em defasagem ou não formalizados e posteriormente reaplicou-se o questionário Q1, buscando observar a existência de mudança dos conceitos prévios nos alunos do grupo. Foram detectadas alterações significativas em 60% ou mais dos conceitos prévios dos alunos.

O questionário Q2 foi aplicado antes das aulas de calorimetria, para averiguar quais conhecimentos os alunos dispunham, em relação ao conteúdo a ser trabalhado. Este mesmo questionário foi reaplicado após o término das atividades da pesquisa, buscando-se obter

evidências de aprendizagem significativa. Ressalta-se aqui que a utilização do mesmo questionário no início e final do estudo deve-se ao fato de que se propunha a diagnosticar se os alunos já dispunham de algum conhecimento em relação ao conteúdo, bem como estabelecer uma relação de comparação.

Em relação à proposta de Ausubel de que as questões aplicadas aos alunos tivessem que se apresentar com uma roupagem diferenciada de outras dadas anteriormente, observou-se que a maioria dos alunos, ao perceberem que se tratava de um questionário que tinha o propósito de verificar a aprendizagem de calorimetria, responderam prontamente que não haviam estudado tal conteúdo e não se dispuseram a tentar resolvê-lo. Isso nos permitiu reaplicá-lo ao final do estudo, considerando-o como um questionário novo.

Pequenos questionários foram aplicados durante a realização das atividades de aulas que tratavam de organizadores prévios e de calorimetria, com o objetivo de retomar os conceitos desenvolvidos em aula, objetivando sua fixação e verificando a compreensão imediata do conceito trabalhado. A avaliação da compreensão significativa dos conceitos de calorimetria baseou-se nos dados de reaplicação do questionário.

3.5. Percurso

O percurso estabelecido para este trabalho, pode ser apresentado de maneira reduzida, conforme indicado a seguir: 1) elaboração da lista de “subsunçores” necessários para o estudo de calorimetria e análise dos livros didáticos, utilizados na rede pública das escolas que integram a rede estadual de ensino, da cidade onde foi realizada a pesquisa; 2) sequencialmente, após estabelecidos os conceitos “subsunçores” por meio desta análise, utilizou-se de um questionário que pretendia conhecer um pouco do grupo, com o qual o trabalho seria desenvolvido; 3) em seguida, foi aplicado outro questionário para verificar a relação dos alunos com o conteúdo de Física; 4) depois, aplicou-se o questionário (Q1) para averiguar os “subsunçores” presentes na estrutura cognitiva dos sujeitos, cuja análise orientou o trabalho com os “organizadores prévios”; 5) posteriormente foram realizadas aulas para desenvolver os “organizadores prévios”; 6) reaplicou-se o questionário Q1 aproximadamente 20 dias após trabalhados os conceitos; 7) aplicação de questionário (Q2) sobre calorimetria; 8) aulas do conteúdo específico de Calorimetria; 9) reaplicação do questionário (Q2) sobre calorimetria; 10) questionário final sobre a pesquisa. A seguir faremos uma explanação detalhada de tal percurso.

Inicialmente foram analisados quatro livros didáticos indicados pelo Guia de Livros Didáticos PNLD 2012 e adotados na rede pública estadual da cidade onde foi realizada a pesquisa. A pesquisa buscou os conceitos envolvidos no ensino de calorimetria, procurando nos livros didáticos sua estruturação em termos de sequência de conteúdos. A questão colocada foi se os livros avaliados propiciavam elementos essenciais da teoria de Ausubel para uma aprendizagem potencialmente significativa, ou seja, para que um material fosse considerado potencialmente significativo. Nesse sentido ele deveria seguir uma estruturação que permitisse ao leitor revisar conceitos já estabelecidos em sua estrutura cognitiva (subsunçores)⁶.

Nesta pesquisa, entre os “subsunçores” considerados importantes e utilizados nas tabelas para análise, sabe-se que alguns são, ou deveriam ser trabalhados em séries anteriores ou mesmo em capítulos (do livro didático) que precedem o estudo de calorimetria. Como o presente trabalho tem por objetivo certificar-se de que estes estarão disponíveis na estrutura cognitiva do indivíduo, quando do início do estudo da calorimetria, fez-se necessário avaliar a sua presença nesses capítulos anteriores à calorimetria, no sentido de garantir que possa haver aprendizagem significativa no que depender deste critério.

Foi feita uma lista de “subsunçores” a partir da estruturação da teoria e dos experimentos com calorímetros, ou seja, os “subsunçores” escolhidos foram baseados na seguinte pergunta: o que um estudante deveria saber antes de trabalhar com calorimetria?

Para trabalhar trocas de calor entre corpos ou sistemas utilizam-se fontes de energia (combustíveis) tornando-se necessário compreender de onde vem esse calor, quais fontes de energia estão disponíveis em nosso cotidiano e/ou em laboratórios de ensino para serem utilizadas. Em diversas situações de aplicação da equação da calorimetria, o calor utilizado para gerar energia térmica, provém de conversões de energia, como, por exemplo, a transformação de energia elétrica em térmica, em um ebulidor submerso em água. As substâncias que são utilizadas nos sistemas a serem estudados na calorimetria normalmente estão submetidas a paredes que podem permitir ou dificultar trocas de calor, ou seja, paredes diatérmicas ou adiabáticas. O processo de aquecimento tratado na equação da calorimetria envolve agitação térmica das moléculas e conseqüentemente variação da temperatura. Desta forma, exige do discente que compreenda o que é temperatura, que fatores causam variação na temperatura e que unidades podem ser utilizadas. Faz-se também necessário conhecer que instrumento ele poderá utilizar para realizar medição da temperatura. O calorímetro possibilita verificar trocas

⁶ Este estudo deu origem a um artigo intitulado: A aprendizagem significativa de Ausubel em livros didáticos do ensino médio, a ser publicado nos anais do XV Encontro de pesquisa em ensino de Física. (XV EPEF)

de calor entre duas ou mais substâncias. Para trabalhar com este equipamento é necessário definir equilíbrio térmico. A equação da calorimetria trabalha o calor absorvido ou liberado pelas substâncias através do seu aquecimento ou resfriamento. Isto exigirá do aluno conhecimentos prévios sobre como o calor se transfere de um corpo a outro nas trocas de calor.

Avaliaram-se, então, nestes livros os seguintes conceitos: relação entre grandezas, combustíveis, energia e conservação da energia, trabalho e potência, constituição da matéria, sistemas, paredes diatérmicas e adiabáticas, temperatura, equilíbrio térmico, funcionamento de termômetros, calor e processos de transmissão de calor, considerados relevantes como ideias-âncora ao conteúdo de calorimetria.

Salientamos que, antes de iniciar as atividades da pesquisa foi realizada uma reunião com os pais ou responsáveis pelos alunos, na qual a pesquisadora explicou o objetivo da pesquisa e solicitou autorização para sua realização, bem como para gravações em áudio e registro dos dados observados. No momento da reunião foi lido o termo de esclarecimento e o termo de consentimento, posteriormente assinados pelos presentes. Para os alunos, cujos pais não se fizeram presentes à reunião, o termo de consentimento foi-lhes encaminhado, para assinarem e devolverem. Todos eles devolveram o termo assinado.

A escolha da escola se justifica pelo bom relacionamento da pesquisadora com a direção, supervisão e professor titular da turma o que facilitou a aceitação do trabalho, por parte da instituição. Dirigentes escolares, serviço de supervisão, professor e os sujeitos da pesquisa receberam a proposta com muita afabilidade e estiveram dispostos a colaborar durante todo o tempo de aplicação da mesma.

As atividades da pesquisa foram desenvolvidas no próprio espaço de aula. Para realização de atividades experimentais recursos necessários foram levados para a sala de aula, uma vez que o espaço do laboratório não comportava todos os alunos. Para desenvolver atividades experimentais em que a pesquisadora dispunha de apenas uma amostra, os alunos foram organizados em círculos, permitindo-lhes boa visibilidade do experimento.

Outros recursos, como projetor de multimídia, necessários para apresentação de simuladores ou slides também foram levados para a sala de aula e os alunos foram organizados de maneira a possibilitar-lhes boa visualização do recurso e ainda de maneira que a pesquisadora pudesse observar as suas expressões faciais. Para realização de atividades em dupla foi permitido que os discentes se organizassem por afinidade, evitando situações constrangedoras para os alunos e para a pesquisadora.

As atividades desenvolvidas foram cuidadosamente preparadas de forma a adotar uma sequência que melhor atendesse à proposta da pesquisa, frente aos objetivos propostos. Neste

sentido, Zabala (1998) ao discutir as diferentes variáveis que caracterizam as propostas metodológicas, situa, em primeiro lugar, as sequências de ensino. Para Zabala (1998, p.53) “os tipos de atividades, mas sobretudo sua maneira de se articular, são um dos traços diferenciais que determinam a especificidade de muitas propostas didáticas”. Defende que anteriormente à escolha do método (expositivo, manipulativo, por recepção, por descoberta...) a ser adotado está a ordem em que se propõem as atividades, levando-se em conta as intenções educacionais.

Por este motivo, ao propor a sequência das atividades, o foco foi favorecer o maior grau de significância dos conteúdos para promover a aprendizagem nos moldes pretendidos, utilizando-se de recursos diversificados. Zabala (1998, p.63) confirma a relevância do uso de recursos diversos, pois isto confere à aprendizagem um caráter pessoal, construída pelos indivíduos graças à ajuda que recebem, cabendo ao mediador estar atento à diversidade do educando e buscar propostas que melhor atendam ao contexto de individualidades no qual atua. Zabala (1998) acrescenta:

“Expressada de forma muito sintética, e como vimos, a aprendizagem é uma construção pessoal que cada menino e cada menina realizam graças à ajuda que recebe de outras pessoas. Esta construção, através da qual podem atribuir significados a um determinado objeto de ensino, implica a contribuição por parte da pessoa que aprende, de seu interesse e disponibilidade, de seus conhecimentos prévios e de sua experiência.” (ZABALA, 1998, p. 63)

Para tal buscou-se observar as características do grupo de pesquisa de maneira a adequar as atividades, visando melhor atendê-los. As atividades de ensino foram divididas em dois momentos: num primeiro momento buscou-se desenvolver atividades que estabelecessem um mínimo de conceitos “subsunçores” necessários, para o estudo do conteúdo pretendido, baseando-se na análise do questionário Q1; em um segundo momento foram trabalhadas atividades referentes ao conteúdo de calorimetria.

Os dados obtidos no questionário Q1 demonstraram a necessidade do desenvolvimento das atividades, chamadas “organizadores prévios” e, por este motivo, adotou-se a seguinte sequência:

Aula um - Atividade experimental para trabalhar relação entre grandezas diretas e inversas, simuladores para lembrar princípios de conservação de energia, atividades escritas para lembrar conceitos de trabalho, potência e energia.

Aula dois - Correção de atividades revendo o conceito de trabalho e energia. Simulador para trabalhar constituição da matéria, sistemas, temperatura, trabalho e potência.

Aula três - Texto sobre o conceito de calor e trabalho.

Aula quatro - Atividade experimental para trabalhar o funcionamento dos termômetros, escalas termométricas, equilíbrio térmico.

Aula cinco - Atividade experimental para revisão de sistemas, conceitos de paredes térmicas.

Aula seis - Atividade experimental e apresentação em PowerPoint para trabalhar processos de transmissão de calor.

Terminadas as atividades reaplicou-se o questionário Q1, que permitiu detectar um número igual ou superior a 60%, no nível de desenvolvimento dos alunos, em relação aos conteúdos vistos.

Aplicou-se então o questionário Q2, e a seguir passou-se ao desenvolvimento das atividades do conteúdo de calorimetria que seguiram a seguinte sequência de conceitos:

Aula um - Contextualização histórica da calorimetria, trabalhada a partir da interpretação de um texto.

Aula dois - Capacidade térmica, calor específico e equação da calorimetria, desenvolvidos a partir de demonstrações experimentais e aplicações cotidianas.

Aula três - Aplicação tecnológica da equação da calorimetria, utilizando-se um ebulidor.

Aula quatro - Igualdade das trocas de calor, descoberta através de experimentação, utilizando-se o calorímetro.

Aula cinco - Nesta aula a pesquisadora se colocou à disposição dos alunos, para que tirassem dúvidas de questões disponibilizadas para serem realizadas em casa. Para esta atividade não foi feita análise ou gravações, uma vez que a professora desenvolveu no quadro de giz, as atividades solicitadas pelos alunos.

Ressaltamos que houve uma atividade, que faz referência a uma aplicação da calorimetria à criação de frangos, que não pode ser desenvolvida em função do tempo já gasto nas demais atividades e da necessidade do professor titular da disciplina cumprir com o prazo de entrega de resultados de notas dos alunos na secretaria da escola.

Todas as atividades desenvolvidas estão disponibilizadas nos apêndices deste trabalho, bem como os mini-questionários utilizados em cada aula para melhor acompanhamento do entendimento dos alunos em relação a cada atividade desenvolvida.

3.6. Proposta de análise de dados

A análise de dados configura-se inicialmente pela categorização dos dados coletados durante a pesquisa, momento no qual foi realizada uma operação de classificação de elementos constitutivos de um conjunto por diferenciação seguida de um reagrupamento baseado em analogias. As categorias não foram definidas a priori, mas emergiram da fala, do discurso, do conteúdo das respostas. Bardin (2011) afirma que categoria é uma forma de pensamento e reflete a realidade, de forma resumida, em determinados momentos. Ela apresenta os critérios de categorização: a agregação e a classificação.

Buscou-se realizar a análise usando a modalidade de análise de conteúdo. Neste sentido, antes de iniciar a análise, foram feitas várias leituras do material escrito, das transcrições e dos registros no diário de campo. Conforme recomenda Bardin (2011), isto se faz necessário quando se pretende obter bons resultados. Segundo a autora, uma análise de conteúdo não deixa de ser uma análise de significados, ao contrário, ocupa-se de uma descrição objetiva, sistemática e quantitativa do conteúdo extraído das comunicações e sua respectiva interpretação. Discutindo as bases teóricas sobre a análise de conteúdo Franco (2008) diz que:

São perfeitamente possíveis e necessários o conhecimento e a utilização da análise de conteúdo, enquanto procedimento de pesquisa, no âmbito de uma abordagem metodológica crítica e epistemológica apoiada numa concepção de ciência que reconhece o papel ativo do sujeito na produção do conhecimento. (FRANCO, 2008, p. 10)

As atividades da pesquisa se fundamentaram nesta lógica: papel ativo e crítico dos estudantes, expondo-os a muitos questionamentos e a atividades diversificadas, buscando permitir que estivessem sempre interagindo uns com os outros e/ou com a pesquisadora. Em se tratando das respostas dadas pelos alunos nos questionamentos feitos oralmente ou por escrito, transcreveram-se as informações que representavam, com maior clareza, a compreensão de princípios e conceitos, na ótica da aprendizagem proposta.

Para que o processo de análise de conteúdo seja bem sucedido, Bardin (2011) recomenda que o pesquisador faça reiteradas leituras dos registros escritos (textos), para evidenciar os elementos comuns e divergentes subjacentes aos discursos, os quais permitem estabelecer relações e promover compreensões sobre o objeto de estudo. Assim:

Este procedimento tende a valorizar o material a ser analisado, especialmente se a interpretação do conteúdo “latente” estipular como parâmetros, os contextos sociais e históricos nos quais foram produzidos. Resumindo: o que está escrito, falado, mapeado, figurativamente desenhado, e ou simbolicamente explicitado sempre será o ponto de partida para a identificação do conteúdo manifesto (seja ele explícito e/ ou latente). (FRANCO, 2008, p. 16).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Sabe-se que a análise dos dados obtidos na pesquisa é um trabalho relevante e que exige resultados sólidos em relação às questões propostas. Conforme descrito na metodologia optou-se pela abordagem qualitativa, de natureza descritiva. Neste caso, o foco de interesse é amplo, e busca-se entender os fenômenos na perspectiva dos participantes, para aí situar a interpretação do pesquisador. (NEVES, 1996).

Uma boa análise exige organização e mesmo categorização das informações obtidas através do diário de campo, questionários, entre outros. Optou-se pela categorização emergente realizada a partir de interpretação direta do material de campo. Buscou-se avaliar o alcance da pesquisa, confrontando os resultados obtidos a aspectos básicos da aprendizagem significativa e significativa crítica, em situações, falas e/ou expressões que mostraram haver evidências desta forma de aprendizagem. Para Fiorentini & Lorenzato (2007, p.135), nas pesquisas qualitativas, é menos comum o uso de categorizações prévias, para realização da análise, em função da grande possibilidade de aparecerem informações novas, ainda não contempladas pela literatura ou por outras pesquisas.

Corroborando com Coll *et al.* (2003), ao expor que a avaliação formativa cumpre seu papel durante o processo instrucional, buscou-se verificar evidências de aprendizagem significativa também durante cada etapa do ensino. Tomando isso como princípio, fez-se a análise de cada atividade desenvolvida, parcialmente, relatando dados do seu desenvolvimento, e analisando resultados obtidos. Ao final fez-se uma análise geral, baseada nas análises parciais e nos resultados do questionário Q2.

4.1. Dados

Nos subtópicos a seguir serão apresentados os resultados a) de um teste que buscou verificar a relação dos alunos com a disciplina Física; b) do questionário Q1 (verificação de subsunçores); c) dados das aulas utilizadas para desenvolver os conceitos necessários ao estudo de calorimetria, nomeadas como “organizadores prévios”; d) resultados da reaplicação do questionário Q1 (verificação dos “subsunçores”); e) dados do questionário Q2 (primeira aplicação); f) dados das aulas onde foram trabalhados os conceitos de calorimetria; g) resultados de reaplicação do questionário Q2 (utilizado para verificação da aprendizagem do conteúdo de calorimetria); h) categorização de alguns resultados do questionário Q2,

considerados de maior relevância e i) dados do teste final (avaliação dos discentes sobre a metodologia utilizada e importância da Física).

4.1.1- Teste sobre a relação do público alvo com a disciplina Física

Para conhecer um pouco da relação que este público tem com a disciplina Física e se consideram esta disciplina relevante, e adaptar as atividades, visando melhorar o envolvimento e interesse por tal conteúdo, aplicou-se o teste (APÊNDICE B) no dia três de março de 2014.

Os dados do teste revelam que antes mesmo de entrarem no ensino médio, 90,00% dos alunos já haviam ouvido falar muito em Física e 62,00% dos alunos consideravam a disciplina muito importante; 35,00% a consideravam pouco importante e três (03) por cento a consideravam nada importante. Ao justificarem sua importância, diziam entre outras coisas que: *“é importante por estar presente em nossas vidas ajudando-nos a compreender o mundo”, “fala de coisas que acontecem no dia a dia”, “através dela entendemos melhor os fatos ocorridos em nosso cotidiano”, “prevê fatos que podem acontecer”, “ela está em tudo que você usa”, “essencial para a formação profissional”, “explica coisas como o funcionamento da panela de pressão”, “ajuda a entender o funcionamento dos equipamentos”, “está presente em muitas áreas profissionais”, “necessidade da Física”.*

Do grupo de 31 alunos pesquisados, um aluno considerava ter muita facilidade para compreender a Física, 18 diziam compreender os conteúdos de Física com facilidade, 10 alunos diziam ter dificuldades para compreendê-la, um aluno considerava ter muita dificuldade. No dia da pesquisa, um aluno estava ausente.

Muito embora os estudantes reconheçam a disciplina Física como um conteúdo de grande aplicação cotidiana, evidenciado pela fala de grande número deles, aproximadamente 56% dos alunos não conseguiram listar nenhuma aplicação dela a situações corriqueiras. Entre os alunos que fizeram este registro, 31,00% fizeram referências a aplicações estudadas no início do segundo ano, relativos à temperatura e dilatação e 13,00% citaram aplicações relativas aos conteúdos estudados no primeiro ano do ensino médio.

Buscou-se também verificar como este grupo entendia a Física, associada ao funcionamento dos equipamentos presentes em seu cotidiano. Observou-se que muitos dos estudantes não compreenderam ou não lembraram, no momento do questionário, conceitos físicos associados a equipamentos. Foram listados no questionário diversos equipamentos tais como o ventilador, direção hidráulica, foguete, liquidificador. Verificou-se que 59,00% dos alunos marcaram apenas direção hidráulica, equipamento desenvolvido a partir de conceitos de

hidrostática, demonstrando que os conhecimentos adquiridos no conteúdo do primeiro ano não foram relatados⁷.

O fato de os alunos considerarem a disciplina Física como sendo muito importante poderá ser favorável para a pesquisa no sentido de apresentarem interesse em estudar este conteúdo, ou seja, demonstram alguma pré-disposição. Também poderá ser um fator facilitador no desenvolvimento da pesquisa o grande número dos alunos que consideram entender a Física com facilidade. No entanto, a facilidade ou dificuldade, deverá ser compreendida tomando-se como parâmetro o objetivo, a metodologia e a forma de aprendizagem pretendida, assim como o público alvo.

4.1.2. Teste inicial questionário Q1

O teste inicial Q1 (APENDICE C) foi aplicado à turma em seis (06) de março de 2014, antes das atividades da pesquisa. Serviu de aporte para verificar se os alunos dispunham, em sua estrutura cognitiva, de todos os conceitos “subsunoçores” considerados necessários, segundo o olhar da pesquisadora, para estudar calorimetria.

O questionário foi aplicado individualmente em sala de aula. 27 alunos participaram da resolução desse questionário. A tabela abaixo apresenta o resultado dos acertos, em números de alunos e em porcentagem aproximada.

Tabela 1- Resultado de aplicação do Questionário Q1

Conceito “subsunoçor” avaliado	Número acertos e percentual em relação a 27 alunos
Sistemas	4 – 15%
Calor	16 – 59%
Conversão de energia	18 – 67%
Energia Elástica	0 – 0%
Energia Potencial	0 - 0%
Energia Cinética	0 - 0%
Equilíbrio Térmico	20 - 74%
Processos de transmissão de calor	16 - 59%
Transformação de temperatura	18 - 67%
Potência	8 - 30%

⁷ No currículo de Física do primeiro ano do Ensino Médio constam conceitos de: Cinemática, Leis de Newton, Leis da Conservação.

(Continua)

Conceito “subsunçor” avaliado	Número acertos e percentual em relação a 27 alunos
Grandezas diretas	10 - 37%
Grandezas inversas	0 - 0%
Análise das grandezas no gráfico	0 - 0%
Paredes diatérmicas e adiabáticas	1 - 4%
Funcionamento de termômetros	18 - 67%
Conceito de temperatura	5 - 19%
Unidade de medida de massa	23 - 85%

Como o questionário visava apenas verificar a existência ou não dos conceitos, independentemente da forma como ocorreu essa aquisição (se de maneira mecânica ou significativa), utilizou-se de questões com baixo nível de dificuldade. Estas questões foram elaboradas de maneira familiar às questões encontradas pelos estudantes em materiais didáticos diversos. As aplicações de conceitos no cotidiano, exigidas em algumas questões, são de situações conhecidas por todos os alunos.

Observou-se que a maioria dos conceitos considerados necessários para ensinar a calorimetria de maneira significativa, no que se relaciona à existência das “ideias-âncora”, não estavam formalizadas na estrutura cognitiva do grupo pesquisado. Verificou-se, através dos dados do questionário Q1, que apenas quatro alunos acertaram a definição de sistema e entre estes apenas dois conseguiram diferenciar sistemas abertos, fechados e isolados. A calorimetria trabalha essencialmente com o calor que se transfere entre corpos ou sistemas. Em relação à definição de calor, solicitada na questão dois, dos 27 alunos 16 demonstraram compreendê-la.

Para trabalhar trocas de calor entre corpos ou sistemas, utilizam-se fontes de energia (combustíveis) tornando-se necessário compreender de onde vem esse calor, quais fontes de energia estão disponíveis em nosso cotidiano e/ou em laboratórios de ensino, para serem utilizadas. Os alunos reconheceram com facilidade algumas formas de conversão de energia, como a energia química originada do gás GLP⁸ que se transforma em energia térmica.

Os discentes revelaram não ter conhecimento sobre energia potencial gravitacional, elástica ou cinética. Sabe-se que, em muitas situações de aplicação da calorimetria, o calor utilizado para gerar energia térmica provém das formas de energia citadas.

⁸ Gás liquefeito do petróleo

Parte significativa dos alunos conseguiu identificar processos de transmissão de calor e também realizaram cálculos envolvendo transformação de temperatura entre escalas. O calorímetro possibilita verificar trocas de calor entre duas ou mais substâncias. Para trabalhar com este equipamento experimental, verificando possíveis fluxos de calor, é necessário compreender equilíbrio térmico, um conceito que se mostrou ser de domínio de grande parte dos estudantes.

Os dados revelam grande dificuldade do grupo pesquisado para reconhecer de que maneira as grandezas se relacionam. Isto é verificado quando não conseguem exemplificar relação entre grandezas diversas, a partir de conteúdos já vistos e nem mesmo identificar estas grandezas através de gráficos.

Apenas um aluno conseguiu diferenciar paredes térmicas. Salientamos que qualquer sistema utilizado nos estudos de calorimetria estará submetida a paredes térmicas, que podem ser diatérmicas ou adiabáticas.

Em função do número de acertos da questão em que se avaliou o uso de unidades de massa, os estudantes demonstraram conhecer as unidades de massa, necessárias ao estudo de calorimetria.

Muitos alunos conseguiram explicar como funcionam os termômetros, mas apenas uma minoria conceitua corretamente a temperatura. Os processos de aquecimento tratados na equação da calorimetria envolvem agitação térmica das moléculas e conseqüentemente variação da temperatura. Sob a ótica da aprendizagem significativa o discente precisa compreender o que é temperatura, que fatores causam variação na temperatura e também que instrumento poderá utilizar para realizar a sua medição.

4.1.3. Dados da Aula Um - Organizadores prévios- Grandezas diretas, inversas e conservação de Energia (Apêndice D).

Conforme mostram os resultados do questionário Q1, nenhum dos conceitos considerados essenciais para a aprendizagem significativa de calorimetria, encontram-se plenamente formalizados na estrutura cognitiva de todos os indivíduos. Com base nisso, desenvolveram-se cinco aulas com a proposta de estabelecer conceitos prévios para o estudo da calorimetria.

A primeira destas aulas foi aplicada no dia 10 de março de 2014 e contou com a presença de 27 dos 31 alunos da classe. Nela foram desenvolvidos conceitos de grandezas

diretas e inversas, estabelecendo-se relações entre estas grandezas e exemplos da Física e de outros conteúdos.

Foi aplicada uma atividade para verificar a compreensão imediata dos conceitos e observou-se que 100,00% dos alunos conseguiram definir corretamente o conceito de grandezas diretas. Destes, aproximadamente 78,00% citaram exemplos corretos de grandezas que se relacionam de maneira direta e, dentre os exemplos citados, aproximadamente 22,00% dos alunos conseguiram estabelecer relação com conceitos físicos tais como: “*velocidade x tempo*”, “*força e constante da mola*”, “*diferença de potencial e corrente*”, “*trabalho e força*”, “*energia cinética e velocidade*”, “*energia potencial e massa*”, “*energia potencial e gravidade*”, “*distância e velocidade*”, “*distância e tempo*”.

Os dados coletados revelam que 96,00% dos alunos acertaram conceitos de grandezas inversamente proporcionais e, destes, 85,00% exemplificaram corretamente as grandezas. Entre os exemplos pode-se destacar: “*potência em função do tempo*”.

Foi oferecida uma terceira atividade, na qual um simulador computacional foi utilizado para rever conversões de energia. Observou-se que 89,00% dos alunos conseguiram citar exemplos de conversões de energia trabalhadas no simulador. Quando questionados sobre quais conversões de energia conseguiram verificar no simulador, os alunos apontaram⁹: “*mecânica em luminosa*”, “*uma espécie de placa que capta a radiação solar e transforma essa em energia elétrica*”, “*elétrica em luminosa*”, “*energia mecânica em energia elétrica*”, “*solar em elétrica*”, “*energia mecânica em energia elétrica*”, “*energia fotovoltaica*”, “*energia luminosa para elétrica*”, “*energia química em energia térmica*”.

Quando questionados sobre como calcular a energia potencial gravitacional, cinética e elástica, aproximadamente 92,50% dos discentes conseguiram responder corretamente.

4.1.4. Dados da Aula Dois – Organizadores prévios- Constituição da matéria, sistemas, temperatura, trabalho e potência. (Apêndice E)

No dia 14 de março de 2014 foram revisados os conceitos de constituição da matéria, sistemas, temperatura, trabalho e potência.

Com a utilização do simulador, *States of Matter: Basics* buscou-se mostrar inicialmente a constituição da matéria e a forma como átomos e moléculas se organizam em cada estado

⁹ Cf. dados de transcrições de áudio e de escritas dos alunos

físico. A partir disto foi possível mostrar para os alunos o que representava o sistema no simulador e, além disso, conceituar temperatura.

A maioria dos questionamentos sobre o conteúdo em estudo foi realizado oralmente, permitindo-se que participassem todos os que desejassem fazê-lo. Apresentou-se o simulador, composto de um sistema a ser analisado. Foram feitos diversos questionamentos no sentido de permitir compreensão do conceito de sistema, bem como as suas características.

Quando questionados sobre a constituição dos materiais, os alunos foram unânimes em responder que é constituída de átomos. Questionados sobre as forças de coesão entre as moléculas em cada estado físico, dizem: *“quanto mais perto, maior força”*, *“no sólido a força é maior”*, *“diminui no líquido e ficam mais distantes”*.

Antes da utilização do simulador, o grupo é questionado: o que acham que vai acontecer quando cedermos calor para esta substância? Eles respondem: *“Ficarão doidas”*, *“mexerão mais”*, *“movimentarão mais”*, *“vibram mais”*, *“correm mais”*, *“querem pular para fora”*. Logo após os alunos verificam a veracidade de suas falas no simulador.

A professora questionou os alunos sobre o que seria necessário fazer no simulador para passar do estado sólido para líquido e para o gasoso e eles respondem que seria necessário esquentá-lo. A professora pergunta o que é esquentar e eles respondem que é aquecer. Questionou novamente: o que é aquecer? Então três alunos respondem que é ganhar calor. Pergunta o que ocorre quando uma substância ganha calor? Um aluno respondeu rapidamente: *“aumenta a temperatura”*. Então novamente são questionados sobre o que é a temperatura, o que a temperatura mede? Um aluno diz: *“é energia”*. A partir dessa fala é então conceituada a temperatura.

Num segundo momento foi apresentado aos alunos o ebulidor, pedindo que identificassem a sua potência. Todos os alunos que fizeram a leitura da potência no equipamento, responderam corretamente que o equipamento tem potência de 1000 W. Foram então questionados sobre o significado dessa potência e poucos alunos responderam: *“significa o serviço que a máquina faz”*, *“significa se a pessoa é rápida ou lenta”*, *“significa se a máquina é rápida ou devagar”*.

Depois de explicados os conceitos de trabalho e potência, foram solicitados dos alunos que respondessem a três questões que faziam referência a esses conceitos. Verificou-se que, entre os 28 alunos presentes, 21 acertaram a questão sobre trabalho, sendo que destes, 15 colocaram a unidade corretamente. A questão que trabalha conceito de potência foi respondida corretamente por 26 alunos, sendo que apenas 12 acertaram as unidades.

4.1.5. Dados da Aula Três- Organizadores prévios - calor, combustível, temperatura e sistema (Apêndice F)

Os dados a seguir referem-se aos resultados encontrados na aula ministrada no dia 17 de março de 2014. Buscou-se trabalhar conceito de calor e combustível, em uma atividade realizada em dupla, a partir da leitura do texto (Apêndice F).

A tabela a seguir apresenta os resultados encontrados em relação aos 29 alunos que responderam às questões referentes ao texto dado. As colocações dos alunos são apresentadas de maneira resumida.

Tabela 2- Resultados das atividades do texto

Questão	Número de acertos e percentual em relação a 29 alunos
Combustível que libera mais calor.	27 – 93%
Quantidade de calor liberado por uma mesma massa de álcool e gasolina.	25 – 86%
Porque a bomba de encher bola se aquece quando está sendo utilizada?	10 – 35%
Conceito de calor.	28 – 97%
Fontes de calor identificadas no texto.	24 – 83%

Observa-se que um número representativo de estudantes consegue identificar com clareza os combustíveis e, ainda, conceituar de maneira correta o calor. A maioria deles responde corretamente que a gasolina libera mais calor por massa, sendo que entre estes, 12 alunos estabelecem corretamente a relação matemática entre a quantidade de calor liberado pelo álcool e pela gasolina, dizendo que a gasolina libera 6400 kcal/ Kg a mais que o álcool.

4.1.6. Dados da Aula Quatro - Organizadores prévios- Funcionamento de termômetros, equilíbrio térmico, escalas termométricas e paredes térmicas. (Apêndice G)

Esta aula foi dividida em dois momentos, aquele que consta na atividade um e a seguir a atividade dois.

Atividade Um - No dia 21 de março de 2014 utilizando-se de atividades experimentais foram trabalhados os conceitos de funcionamento de termômetros, equilíbrio térmico e escalas termométricas.

Foi solicitada a participação dos alunos no sentido de utilizarem as substâncias disponíveis para a realização das experiências, conforme descrito no Apêndice G. Pediu-se que segurassem o termômetro pela parte de baixo, bulbo, e então, perguntou-se o que iria ocorrer. Eles responderam que o termômetro iria receber calor. Foram questionados de onde vinha o calor e responderam que era da mão. Interrogados sobre o que iria acontecer com o mercúrio disseram que iria dilatar. Perguntou-se, então, porque isso ocorreria e os alunos falaram que a temperatura iria aumentar com o calor e as partículas aumentariam a agitação. Questionados sobre qual era a função do termômetro, responderam que é medir a temperatura.

Utilizando os termômetros disponíveis pediu-se aos alunos que medissem a temperatura do leite e a temperatura do café e que misturassem os dois em um terceiro recipiente. Nesta atividade solicitou-se que os grupos formassem hipóteses sobre o que iria acontecer e responderem: “*a temperatura vai equilibrar*”, “*a temperatura vai ficar menor*”, *vai diminuir a temperatura do café e aumentar a do leite*”, “*a temperatura ficará a mesma e quem tem mais vai doar para quem tem menos*”.

Feita a medição final, foram questionados sobre que nome poderia ser dado a esta temperatura final e um aluno responde: “*temperatura de equilíbrio térmico*”.

Após atividade experimental e demonstração das escalas termométricas os estudantes responderam a algumas questões, individualmente. Verificou-se, através das questões, que 23 alunos, entre os 28 presentes acertam o conceito de equilíbrio térmico e 22 alunos resolveram corretamente as questões que exigiam conversão da escala Kelvin para Celsius e vice-versa.

Observou-se, nesta aula, a participação de um número maior de alunos respondendo às perguntas e estes conseguiram aplicar a conceituação de temperatura a partir dos questionamentos feitos, mostrando haver compreensão do funcionamento do termômetro.

Pode-se dizer que a atividade experimental permitiu à grande maioria dos estudantes conceituarem, a partir dos questionamentos, o equilíbrio térmico, quando da observação das respostas obtidas pelos grupos em relação às hipóteses formuladas e posterior verificação dos valores obtidos.

Atividade Dois - Os dados a seguir referem-se à aula desenvolvida no dia 24 de março de 2014, em que se revisaram os conceitos de sistemas e de paredes térmicas. Estiveram presentes 28 alunos.

Realizada a experiência conforme descrito no Apêndice G, em que foram utilizados materiais isolantes e condutores para a visualização de possíveis mudanças na temperatura das amostras, quando submetidas a paredes adiabáticas e diatérmicas, os alunos foram

questionados sobre o que ocorreu com as temperaturas das duas latinhas contendo água a temperatura diferentes que estavam separadas por uma placa de isopor, à medida que o tempo passava. Responderam: “*não mudou*”, “*não mudou porque o material não permitiu*”, entre outras. Feitas as mesmas perguntas, mudando-se apenas o isolamento entre as duas latinhas para o material de metal, responderam: “*mudou porque o material deixou passar calor*”, e demais alunos dizem a mesma coisa usando diferentes formas de expressar. Ao colocar os sistemas em estudo dentro da caixa de isopor tampada os alunos foram questionados se este sistema estava fechado ou isolado. Alguns responderam que estava fechado e outros diziam que estava isolado.

Em relação às questões que direcionaram o trabalho experimental, nesta atividade, observou-se que apenas um aluno não respondeu à questão que relaciona os recipientes isolantes. Os demais respondem corretamente os valores das temperaturas registradas e entre as justificativas destacam-se: “*a água fria não variou sua temperatura e a água quente diminui um grau porque perdeu para o ambiente da caixa;*”, “*a água fria continua com a mesma temperatura e a água quente perdeu um grau, esse grau ficou na caixa de isopor, ou seja, não houve troca de calor entre os recipientes*”; “*a temperatura não foi passada para a outra água*”; “*não houve mudança nas temperaturas, o que ocorreu porque o material é isolante*”.

Quando trabalhados os recipientes condutores, observou-se que 22 alunos desenharam corretamente o gráfico que relacionava temperatura das amostras em função do tempo de contato e responderam à questão sobre a variação de temperatura entre os recipientes condutores, dizendo, entre outras coisas: “*durante este intervalo o corpo B, onde estava contida a água quente perdeu calor para o recipiente A, que estava com água fria, então a temperatura de A aumentou e de B diminuiu*”; “*à medida que a água quente foi perdendo energia, a água fria foi ganhando energia;*”, “*houve troca de calor, onde B cedeu calor a A; as temperaturas A (25°) e B (70°) variaram inversamente, porque estavam entrando em equilíbrio, B estava perdendo calor para a água com a temperatura A, isso acontece porque o metal é condutor de energia, calor*”.

Quando questionados sobre que materiais têm propriedades diatérmicas ou adiabáticas verificou-se que 26 alunos acertaram esta questão e dois a deixaram sem responder. Observou-se, através das respostas dadas, que os estudantes aplicaram com clareza o conceito de calor, equilíbrio térmico, grandezas inversas, vistos em aulas anteriores.

A atividade foi resolvida pela maioria, com grande empenho. Exigiu-se dos sujeitos a resolução das questões a partir da observação do fenômeno e investigação dos dados fornecidos

pelo experimento. O fato de terem realizado a atividade em dupla estimulou a maioria dos alunos para a discussão dos resultados e elaboração das respostas.

4.1.7. Dados da Aula Cinco- Organizadores prévios- Processos de transmissão de calor (Apêndice H)

Na aula do dia 27 de março de 2014 trabalharam-se os processos de transmissão de calor, com a presença de 30 alunos do grupo de pesquisa. Os dados a seguir foram levantados a partir da observação de atividades experimentais demonstrativas, conforme disposto no Apêndice H, nas quais são demonstrados os processos de transmissão de calor. Alguns questionamentos foram realizados durante a realização das atividades, oralmente.

Apresentado o aparato “fio com tachinhas presas a ele”, perguntamos aos alunos sobre o que achavam que iria acontecer ao aquecermos a base, que unia os dois fios. Responderam que o fio iria esquentar. Questionados sobre por que ele esquenta disseram: “*por causa do calor do fogo*”, “*porque recebe calor*”, “*absorve calor do fogo*”, entre outras.

Questionados sobre o que achavam que iria acontecer com as tachinhas respondem em grupo que as mesmas iriam cair. “Perguntamos por que e surgiram algumas respostas: “*o calor esquenta o fio*”, “*a vela irá derreter por causa do calor*”, “*o cobre é bom condutor de calor*”... A partir da fala dos alunos, a pesquisadora levantou a questão sobre o que o calor faz com as moléculas do cobre e alguns responderam: “*agita*”, “*muda a energia*”, “*muda a temperatura*”, entre outras.

Após o trabalho sobre o conceito de condução de calor foram feitos questionamentos sobre a aplicação prática da condução. Entre os questionamentos destacam-se: porque sentimos frio ao sair da piscina? O que levou a diversas respostas: “*perdemos calor*”, “*perdemos energia*”, “*perdemos calor para o ambiente*”. Outra questão foi: por que as galinhas ficam arrepiadas no inverno? Ao que dois alunos responderam: “*para não perder calor do corpo*”, “*para não perder energia*”. Por que usamos agasalho em dias em que a temperatura ambiente está baixa? “*para não perder calor*”, “*para ganhar calor*”, foram algumas das respostas apresentadas.

Num segundo momento os alunos foram questionados se o celular causa câncer e observou-se que 17 alunos achavam que sim; os demais não se manifestaram. Quando questionados porque achavam que sim, um aluno disse: “*porque ele tem radioatividade*”. Então indagou-se o que é radioatividade e um aluno diz: “*um tipo de energia*”. Perguntados se o micro-ondas causa câncer, um grupo de alunos responde que não. Um justifica dizendo: “*ele*

fornece só calor pra gente”. Um aluno diz: *“eu acho que micro-ondas são perigosos”*. Questionados por que, dois alunos dizem: *“se não souber usar é perigoso”*, *“porque ele também tem radioatividade”*.

A partir de uma lâmpada incandescente acesa perguntou-se aos alunos o que ocorre quando aproximamos as mãos da lâmpada e os alunos responderam em grupo que nossa mão iria esquentar. Perguntou-se então aos alunos quem aquece a terra e todos respondem em grupo: é o sol. Questionados se entre o Sol e a Terra existe matéria, grande parte dos alunos responderam que não, que é vácuo. Questionados então sobre, que tipo de onda é essa, se mecânica ou eletromagnética, dizem, em grupo, que é eletromagnética.

Após mostrar aos alunos o espectro eletromagnético perguntou-se onde estavam as frequências das ondas de celular, micro-ondas, entre outras. Feitas as demonstrações e cálculos, novamente é perguntado sobre o câncer e os alunos respondem em grupo que não. Um aluno diz: *“quanto mais frequência, mais chance de causar câncer”*.

Num terceiro momento trabalhou-se a convecção a partir de uma atividade experimental, que tinha como objetivo demonstrar os processos de convecção que ocorriam dentro de um becker com água, contendo em seu interior um comprimido de permanganato de potássio, submetido a uma chama de fogo. Questionou-se ao grupo sobre o fato de a cor estar se deslocando no becker. Os alunos responderam que a matéria estava se deslocando. Questionados sobre situações cotidianas onde verificavam aplicações da convecção citaram, entre outras coisas, a geladeira.

Observou-se, nesta atividade, que os alunos aplicaram o conceito cientificamente aceito para calor e temperatura, trabalhados nas atividades dos organizadores prévios. E ainda, que um aluno associou o desprendimento das tachinhas, à melhor condutividade do cobre. Esse fato pode estar fundamentado em experiências pessoais.

4.1.8. Reaplicação do questionário inicial Q1 (Apêndice C)

Trabalhados os conceitos “subsunçores” reaplicou-se o questionário Q1, no sentido de averiguar a evolução dos sujeitos em relação aos conceitos para, então, iniciar o conteúdo de calorimetria.

As tabelas três e quatro apresentam os resultados encontrados na primeira aplicação, já mencionada anteriormente, e na reaplicação após terem sido trabalhados os conceitos, utilizando-se recursos como simuladores computacionais, textos, experimentos, entre outros.

Trata-se dos conceitos subsunçores considerados importantes de serem estabelecidos antes do trabalho com a calorimetria.

Tabela 3- Resultado de reaplicação do questionário Q1

Conceito “subsunçor” avaliado	Número de acertos e percentual em relação a 27 alunos. (Aplicação)	Número de acertos e percentual em relação a 31 alunos. (Reaplicação)
Sistemas	04 – 15%	24 – 77%
Calor	16 – 59%	19 – 61%
Conversão de energia	18 – 67%	27 – 87%
Energia Elástica	0 – 0%	14 – 45%
Energia Potencial	0 – 0%	17 – 55%
Energia Cinética	0 – 0%	17 – 55%
Equilíbrio Térmico	20 – 74%	30 – 97%
Processos de transmissão de calor	16 – 59%	30 – 97%
Transformação de temperatura	18 – 67%	26 – 83%
Potência	08 – 30%	15 – 48%
Grandezas diretas	10 – 37%	25 – 81%
Grandezas inversas	0 – 0%	17 – 54%
Análise das grandezas no gráfico	0 – 0%	27 – 87%
Paredes diatérmicas e adiabáticas	01 – 4%	20 – 65%
Funcionamento de termômetros	18 – 67%	27 – 87%
Conceito de temperatura	5 - 19%	26 – 84%
Unidade de medida de massa	23 – 85%	31 – 100%

Comparativamente, merece destaque o aumento percentual relevante dos acertos, em relação à aplicação inicial do Questionário Q1 o que indica que os discentes tiveram melhorias significativas nos conceitos prévios necessários para estudar a calorimetria. Observa-se, entretanto, que apenas a questão que trabalha as unidades de medida de massa apresenta resultado de 100% de acerto.

Verifica-se que os alunos apresentam mudanças em relação aos conceitos “subsunçores” depois de trabalhadas as atividades dos organizadores prévios. Observou-se menor evolução dos sujeitos nos conceitos referentes à energia, potência e grandezas inversas.

Tais conceitos são os únicos, dentre os listados na tabela, que exigem equações e cálculos. Os demais são conceitos teóricos. Talvez isso possa sugerir certa dificuldade dos discentes com relação às habilidades da matemática referentes a cálculos e relação entre grandezas.

Os conceitos de energia e potência são conceitos específicos da Física, que carregam uma simbologia própria, não usual no cotidiano das pessoas. É possível observar que os alunos compreenderam bem as conversões de energia da vida prática, mas apresentaram dificuldades em expressar as fórmulas que permitiriam calcular as energias, o que ocorre também em relação ao conceito de potência. Os alunos afirmaram ter visto esses conteúdos pela primeira vez, o que era esperado e exigiria maior nível de aprofundamento.

4.1.9. Dados do questionário inicial Q2- (Apêndice I)

O questionário Q2, disponível no Apêndice I, foi aplicado aos alunos, antes de iniciarmos as aulas de calorimetria, para averiguar quais conhecimentos eles já dispunham sobre a calorimetria. Nesta atividade estavam presentes todos os 31 discentes do grupo de análise.

Verificou-se que apenas seis alunos tentaram responder à primeira questão que trabalhava as variações de temperatura no deserto. Cinco alunos responderam à terceira questão que buscava verificar conceitos de calor específico e capacidade térmica. Destes, apenas dois alunos acertaram o resultado. As demais questões foram devolvidas por todos, sem resolução.

Os alunos que tentaram responder à primeira questão referente à variação de temperatura do dia para a noite no deserto usaram expressões como condução do calor, transição de energia, entre outros. Percebeu-se que eles se basearam em suas próprias experiências, na tentativa de buscar respostas, entretanto faltava conhecimento científico necessário para conseguir fazê-lo com êxito.

Em relação à terceira questão, que relacionou blocos de mesmo material formado por massas distintas, pediu-se que os alunos comparassem os calores específicos e as capacidades térmicas das amostras explicando qual delas liberaria mais calor ao sofrerem a mesma redução de temperatura; observou-se que os alunos podiam ter marcado aleatoriamente, na tentativa de acertar, uma vez que grande parte deles errou a questão e não conseguem justificar os itens que marcaram.

4.1.10. Dados da Aula Um de Calorimetria – Contexto Histórico (Apêndice J)

No dia 30 de Março de 2014 iniciaram-se as aulas de Calorimetria. Nesse dia buscou-se contextualizar historicamente o conceito de calor, a partir de leitura e interpretação de texto, disponível no Apêndice J. Estiveram presentes 28 alunos do grupo em estudo.

Em relação à primeira questão, que buscava trabalhar as hipóteses acerca da natureza do calor, descritas no texto e solicitava aos discentes que descrevessem todas elas, verificou-se que três alunos não responderam à questão. Dezoito alunos descreveram de três a cinco das cinco hipóteses apresentadas no texto. Alguns optaram por falar de maneira geral, concluindo, entre outras coisas, que: *“todos comprovam que o calor começa com a produção de energia e a vibração das moléculas”*.

A segunda questão solicitava aos alunos que escolhessem uma das hipóteses apresentadas no texto para definir calor e pedia que os mesmos justificassem a escolha. No quadro I, as justificativas foram agrupadas em função dos autores (Epicuro, Bacon, George Ernst, Lavoisier, Julius e James, Aristóteles) de cada hipótese.

Quadro 1: Exemplo da natureza das justificativas dadas pelos alunos quando solicitados a selecionar uma hipótese sobre definição de calor.

CATEGORIAS	NATUREZA DAS JUSTIFICATIVAS DADAS PELOS ALUNOS
<u>Epicuro</u> - calor produzido por átomos esféricos que se movimentariam no espaço – (08 alunos)	- Com a agitação das moléculas formaria calor; - Considera que os átomos formam tudo o que existe; - Calor é uma energia detectada comparando dois corpos;
<u>Bacon</u> - Movimento de partículas sob a ação do fogo – (02 alunos)	- Considera que partículas quando aquecidas se movimentam.
<u>George Ernst</u> - Calor como flogístico, princípio inflamável que os corpos possuem (02 alunos)	- Considera que o calor vem a partir de corpos aquecidos como ele.
<u>Lavoisier</u> - Combustão como reação química ocorrida devido a elementos do ar (02 alunos)	- Devido às pesquisas e hipóteses deste pensador

(Continua)

<u>CATEGORIAS</u>	NATUREZA DAS JUSTIFICATIVAS DADAS PELOS ALUNOS
<u>Julius e James</u> - Calor associado a um tipo de trabalho (02 alunos)	- Considera ser possível perceber no dia-a-dia que a força do movimento gera calor (elétricas, magnéticas) ou do corpo (suor).
<u>Aristóteles</u> - o fogo corresponde a um dos quatro elementos primordiais (03 alunos)	- Associa a elementos da natureza com o calor.
<u>Não responderam</u> (09 alunos)	----

No quadro pode ser verificado que um grande número de alunos usa a ideia de Epicuro para definir calor. Este grupo pode ter feito esta escolha em função de buscar ancoragem em conceitos já vistos, uma vez que um aluno relatou, durante a aula, ter visto esse filósofo em outra disciplina. De modo geral percebe-se que as justificativas associam calor a movimento.

Em relação à terceira questão, que busca avaliar, a partir do texto, como o aluno percebe a construção do conhecimento científico, foram dadas respostas, entre as quais podemos destacar:

“A cultura e a visão daquela época influenciaram e muito na observação e interpretação dos fenômenos que conhecemos hoje”.

“Após analisarmos o texto concluímos que o conhecimento científico surge através de hipóteses que são analisadas e comprovadas com os recursos oferecidos da época. Sendo assim a partir do desenvolvimento da tecnologia se desenvolve também o conhecimento científico”.

“Os cientistas ao formularem suas hipóteses, realizam experimentos e observações para conseguirem comprová-las, assim formulam teorias que mais tarde podem ser derrubadas por outros cientistas, assim é construído o conhecimento científico”.

“O conhecimento científico se dá por meio da observação e da construção de hipóteses diferentes por pessoas diferentes, sendo que a soma dessas ideias (hipóteses), gera os conhecimentos, sendo que por meio da experimentação, se comprova algumas dessas hipóteses, que hoje denominam conhecimento científico”.

(Fonte: Questões aplicadas após leitura do texto.)

Observa-se que alguns alunos, que em outras aulas pareciam mais desinteressados, tiveram maior participação nesta aula. Outros alunos apresentaram-se mais desinteressados que em aulas anteriores, manifestando indisposição para responder as questões. É importante destacar aqui como a diversidade dos materiais utilizados permitiu verificar integrantes de uma

mesma classe com interesses diferenciados, o que pode ser justificado pela diferença de perfil de cada sujeito.

Observou-se também as diferenças entre duplas que conseguiram buscar no texto todas as hipóteses e aqueles que não conseguiram identificar estas hipóteses. Isto pode ser atribuído a diferentes habilidades desenvolvidas por alguns membros do grupo e ainda não desenvolvidas por outros.

4.1.11. Dados da Aula Dois e Três Calorimetria – Capacidade térmica, calor específico, equação da calorimetria (Apêndice K).

Os dados a seguir são referentes à aula do dia quatro de abril de 2014, onde, com presença de 26 alunos, foram trabalhados os conceitos de capacidade térmica, calor específico e a equação da calorimetria a partir de dados experimentais.

Na primeira atividade foram utilizadas lâmpadas para aquecer areia e água. Perguntou-se aos alunos de onde vinha o calor e responderam em grupo que era da lâmpada. Questionados sobre qual era a função da lâmpada dizem que é para iluminar. Questionados porque a mesma seria usada para aquecer areia e água, um aluno diz: “*esta lâmpada esquenta muito*”. Foram então questionados sobre que forma de energia estaria se convertendo em calor e responderam em grupo que era: energia elétrica => luminosa => térmica. Os alunos foram questionados se a variação de temperatura da água e da areia seria a mesma e aproximadamente 70,00% do grupo respondeu que não, enquanto os demais se mantiveram em silêncio. Percebeu-se uma grande divergência de opiniões quando questionados sobre qual das duas substâncias iria sofrer maior variação de temperatura quando submetida a aquecimentos semelhantes. A partir da observação experimental os alunos foram levados a compreender o significado do conceito de calor específico, verificando as diferenças nas temperaturas finais das amostras. Buscando transferência para o cotidiano, abordou-se o fenômeno das brisas marítimas.

No experimento que buscava calcular a capacidade térmica de massas diferentes da mesma substância os alunos foram questionados se haveria diferença entre as temperaturas medidas inicialmente para as duas amostras, ou seja, eram quantidades de massa diferentes do mesmo material, ambas em contato direto com o ambiente da sala de aula. Os discentes respondem em grupo que a temperatura das duas amostras seria a mesma, pois as duas estavam à temperatura ambiente. Após aquecimento das duas amostras, os alunos foram questionados sobre a variação de temperatura em cada amostra e responderam: “*foi de 20° graus para a primeira e de 40° graus para a segunda*”. A partir de um dado valor de calor, igual para as

duas amostras pediu-se aos alunos que dividissem a quantidade de calor pela variação de temperatura, referente a cada amostra e uma aluna perguntou: “*Professora, qual vai ser a unidade?*” Esta pergunta foi devolvida para a turma. O que vocês estão dividindo? Os alunos respondem em grupo: “*quantidade de calor por temperatura*”. Perguntamos então qual a unidade da quantidade de calor e de temperatura que haviam usado e responderam em grupo: “*caloria e graus Celsius*” Novamente questionados sobre qual a unidade da operação que haviam feito, responderam em grupo: “*Calorias por graus Celsius*”.

Determinado o valor da capacidade térmica, questionou-se sobre o significado desta grandeza e um aluno responde: “*significa dividir a caloria por grau Celsius*”.

Questionados sobre os valores das capacidades térmicas, encontrados em cada amostra, dizem em grupo que os valores eram diferentes. Perguntou-se então sobre o que isto significava para eles e destaca-se a fala: “*significa que o recipiente dois teve menos conteúdo por isso esquentou mais*”. Questionados sobre o que se poderia concluir em relação à capacidade térmica, um aluno diz: “*depende da quantidade de água ou da quantidade da substância*”.

Constata-se através de respostas escritas que os 26 estudantes acertam o cálculo de capacidade térmica, bem como a unidade. Apresentada a equação da calorimetria e fornecido o calor específico da água solicitou-se aos discentes que calculassem a quantidade de calor absorvida pela amostra experimental um. Todos os alunos acertaram o valor numérico sendo que 12 deles usaram corretamente a unidade, oito colocaram como unidade cal/g°C e seis alunos não escreveram unidade na resposta.

Ao solicitar que os alunos estabelecessem relações no processo de aquecimento entre a variação de temperatura e a massa, quando esta última fosse dobrada, observou-se que aproximadamente 77,00% dos alunos respondem corretamente. Destacam-se as respostas: “*a temperatura seria reduzida pela metade, porque a temperatura é inversamente proporcional à massa*”. “*A variação da temperatura seria menor, pelo fato de haver mais quantidade de água aquecida no mesmo tempo*”. “*A temperatura da água seria menor, porque há mais material para aquecer no mesmo tempo*”.

Pedimos também que os alunos relacionassem a quantidade de calor com o calor específico e, aqui, observou-se aproximadamente 53,00% de acertos nesta questão. Questionados sobre como se relacionam as grandezas massa, variação de temperatura, calor específico com a quantidade de calor, comprovou-se que aproximadamente 85,00% dos alunos acertaram a questão. Houve participação de um número representativo de sujeitos a opinar sobre a diferença de variação de temperatura da areia e água.

Observou-se um domínio em relação à operação necessária para cálculo da quantidade de calor, entretanto, houve um embaraço nas unidades. Embora inicialmente trabalhada, a relação entre grandezas, nos organizadores prévios, dados evidenciam que ainda há grandes atropelos nestas relações o que poderá resultar em dificuldades de análise e compreensão significativa de equações.

4.1.12. Dados da Aula Quatro - Calorimetria – Evidências de Aprendizagem significativa usando equipamento tecnológico (Apêndice L)

No dia sete de abril de 2014 foi realizada uma atividade experimental, utilizando o ebulidor, com a presença de 28 membros do grupo de pesquisa. Optou-se pelo desenvolvimento da atividade em duplas, para responder às questões e em grupos de cinco pessoas para desenvolver os experimentos, realizados por todos os grupos de posse do material.

Inicialmente foram retomados os conceitos de capacidade térmica e calor específico, e a equação da calorimetria, com o objetivo de retomar os conceitos, bem como as unidades de medida, não compreendidas na aula anterior. Iniciados os questionamentos acerca das unidades que deveriam ser utilizadas, um aluno questiona: “*Professora porque você não fala a unidade e pronto, a gente coloca aqui*”. As unidades foram novamente mostradas, utilizando-se das equações e dos dados da atividade experimental referente ao calor específico da areia e da água.

Observou-se que um grande número de alunos acompanhou as demonstrações das unidades e respondeu corretamente os questionamentos acerca das mesmas.

Apresentado o ebulidor, artefato tecnológico utilizado nesta aula, pediu-se aos alunos que identificassem no equipamento a sua potência bem como a unidade, o que responderam com rapidez. Questionados sobre o significado de potência, a maioria dos alunos se manteve em silêncio. Foi então retomado este conceito, mostrando as unidades de potência, a partir da equação.

Foi indagado ao grupo quanto à finalidade do ebulidor, bem como a conversão de energia que realiza. Os alunos responderam que ele é usado para esquentar a água e que converte energia elétrica em energia térmica. Fornecida a quantidade de água em litros e a densidade, um aluno falou antes de iniciar a atividade: “*professora não precisa da densidade, vai dar 1000 gramas*”. Apresentados todos os dados, pedimos aos alunos que realizassem as contas necessárias no sentido de determinar o tempo para iniciar a fervura da água.

Solicitados a desenvolverem os cálculos, alguns alunos questionaram: “*Martinha, qual a fórmula que tenho que usar?*” “*O que significa aquele $\frac{1}{t}$ debaixo da fórmula?*” “*Varição de*

temperatura é a final menos a inicial?” “A unidade vai ser em Joule?”. Após estas perguntas, foram feitas as intervenções necessárias para a compreensão daquilo que se questionava.

Terminada a atividade, os alunos foram questionados sobre os valores encontrados e observou-se que 16 encontraram o resultado correto. Os demais disseram estarem erradas suas contas ou não terem conseguido concluir. Indagados sobre a unidade utilizada para quantidade de calor, observou-se que 16 alunos tinham convertido calorias em Joule.

Ao solicitar que discutissem a pequena diferença encontrada entre a medição experimental e o resultado das operações obtido pelos alunos, destacaram-se as falas: *“perdeu calor para o ambiente”, “o sistema está aberto” “ perdeu calor para o caneco”, “ a água foi evaporando”, “ não aproveitou toda a energia para aquecer a água”*.

Interrogados se conheciam outro equipamento que convertia energia elétrica em térmica, alguns alunos responderam: *“micro-ondas”*. Inquiridos sobre por que marcar um tempo para o alimento ficar no micro-ondas, os alunos disseram, entre outras coisas: *“por causa disto que acabamos de fazer”, “o tempo será marcado de acordo com o tanto que queremos esquentar”, “o tempo vai depender da potência do micro-ondas”*.

Esta atividade foi desenvolvida com o intuito de relacionar a física aos equipamentos tecnológicos, no sentido de permitir que os discentes transferissem significados do conteúdo estudado para o seu cotidiano. Os alunos apresentaram facilidade em citar a conversão de energia do ebulidor para a água. Observaram-se diferentes níveis de compreensão e facilidade com os cálculos relacionados a pré-requisitos, quando um dos membros do grupo fornece a massa da água sem efetuar qualquer conta, enquanto alguns outros, resolvem a situação problema usando litros como unidade de medida da massa de água.

Pode-se perceber que embora os alunos estivessem no segundo ano do ensino médio e já tendo utilizado o significado da expressão *variação* em situações diversas, há no grupo, membros que não conseguiram identificar tal significado, apesar de se esperar que este conhecimento já fosse de domínio dos estudantes.

4.1.13. Dados da Aula Cinco Calorimetria- Somatório das trocas de calor (Apêndice M)

Os dados a seguir são referentes à aula do dia 11 de abril de 2014, que contou com a presença de 30 componentes do grupo de pesquisa. Nesta aula trabalhou-se a igualdade das trocas de calor entre duas substâncias, por meio de uma atividade experimental utilizando-se o calorímetro.

Durante a demonstração do instrumento que seria utilizado, um aluno comparou o calorímetro a uma garrafa térmica. Perguntou-se aos alunos qual é a função da garrafa térmica e responderam: *“para o café não esfriar”*. Perguntados se o café realmente não esfriaria, eles disseram que depois de algum tempo, sim. Interrogados sobre o porquê disso eles responderam: *“porque perde calor para o ambiente”*. Um aluno diz ainda: *“a garrafa está com defeito”*.

Indagou-se aos alunos por que misturar as duas substâncias no calorímetro e responderam entre outras coisas: *“para não perder calor para o ambiente”*, *“para fechar o sistema”*, *“para um doar calor apenas para o outro”*. Questionados se iria sair calor para o ambiente eles afirmaram que não.

Realizadas as medidas necessárias misturaram-se as duas substâncias dentro do calorímetro e a seguir os alunos foram interpelados sobre o que iria ocorrer. Responderam que iria ocorrer o equilíbrio térmico. Interrogados ainda sobre o que é equilíbrio térmico um aluno respondeu: *“um vai perder calor e o outro vai receber e a temperatura vai ficar igual”*.

Após a realização de todas as medições das substâncias disponibilizadas para esta atividade experimental, pediu-se aos alunos que, considerando que iriam ocorrer trocas de calor somente entre a água quente e a água fria colocadas no calorímetro, que eles realizassem os cálculos para determinar a temperatura de equilíbrio térmico. Inicialmente mostraram incompreensão, embora alguns tentassem iniciar as contas.

Depois de algumas tentativas de resolução, os alunos foram questionados sobre como se calcula o calor fornecido ou retirado durante trocas de calor e responderam que é multiplicando a massa pelo calor específico e a variação de temperatura. Questionados ainda sobre o que estavam procurando, eles disseram que seria a temperatura. Perguntados, então, sobre o que faz variar a temperatura, disseram: o calor. Fez-se a pergunta: de onde vem o calor que fará as substâncias variarem a temperatura? Responderam: *“que vem da que tem mais temperatura”*.

Novamente um aluno questionou sobre qual equação deveria ser utilizada, e este mesmo questionamento foi devolvido a ele. Observou-se nesse momento que todos os alunos ficam centrados na resolução da questão e apenas um aluno disse: *“eu não sei resolver mesmo assim”*. Após esta primeira tentativa, sem explicação de como realizar os cálculos verificou-se que seis alunos resolveram corretamente as operações utilizando o somatório das trocas de calor.

Posteriormente mostrou-se, para os demais discentes, como usar o somatório das trocas de calor para calcular a temperatura final e novamente pediu-se que resolvessem as operações. Verificou-se que mais 11 alunos conseguiram realizar as contas com sucesso. Dentre os demais, seis alunos utilizaram raciocínio correto para montagem da equação embora errassem

na resolução da equação. Os sete demais não conseguiram equacionar corretamente e erraram a questão.

Foram então realizadas as operações junto aos alunos, e eles tiveram a oportunidade de comparar o resultado encontrado teoricamente, com os dados obtidos experimentalmente. Questionados sobre a diferença de apenas meio grau Célsius para menos do dado experimental em relação aos cálculos, justificaram dizendo, entre outras coisas, que: “*houve pouca perda de calor*”, “*Trocou calor apenas com a vasilha*”.

Os dados coletados a partir da observação dos alunos durante a execução das atividades propostas revelaram haver compreensão do funcionamento e utilidade do calorímetro o que poderia levar a uma compreensão mais significativa das trocas de calor entre as substâncias. Observou-se entusiasmo e surpresa, por parte dos estudantes, ao verificarem que os resultados teóricos ficaram bastante próximos dos dados experimentais.

4.1.14. Reaplicação do questionário Q2 (Apêndice I)

No dia 17 de abril de 2014 reaplicou-se o questionário Q2 à turma da pesquisa, com a presença de 29 membros do grupo. Optou-se por aplicar individualmente este questionário, embora muitas atividades de ensino tivessem sido realizadas em dupla ou grupo, pelo entendimento de que, desta forma, pudesse ser verificado, de maneira mais precisa, as expressões da compreensão de cada indivíduo em relação aos conceitos trabalhados.

Procurou-se evidenciar a diversidade e clareza das respostas apresentadas através da sua transcrição. As questões deste teste buscaram contemplar materiais utilizados nos instrumentos de ensino, conhecidos pelos alunos, de maneira contextualizada, possibilitando uma associação significativa entre os conceitos e as questões.

No decorrer do levantamento de dados e discussão, os alunos foram referenciados por números. Buscou-se, em algumas questões, categorizar os dados, objetivando facilitar e melhorar a qualidade das análises feitas.

O questionário Q2 foi composto por dez questões. As questões que buscaram avaliar o nível de compreensão conceitual do discente, em relação ao conteúdo trabalhado, obtiveram como resultado uma categorização das respostas, já que, para além dos cálculos e operações, os alunos deveriam justificar o que haviam feito.

Na questão Nº 1 os alunos deveriam justificar a variação das temperaturas do deserto do dia para a noite utilizando-se dos conhecimentos adquiridos em calorimetria.

Algumas das respostas foram categorizadas e são apresentadas a seguir:

Quadro 2: Exemplo da natureza das justificativas dadas pelos alunos quando solicitados a justificar a variação na temperatura do deserto do dia para a noite.

CATEGORIAS	NATUREZA DAS RESPOSTAS DADAS PELOS ALUNOS
<p>Relaciona a variação de temperatura ao baixo calor específico da areia e alto calor específico da água. (14 alunos)</p>	<p>- Considera que isso acontece em função do baixo calor específico da areia, o que faz com que ela se aqueça e se esfrie rapidamente.</p>
<p>Relaciona a variação de temperatura à facilidade da areia ou da água em esquentar e esfriar. (07 alunos)</p>	<p>- A variação de temperatura se deve a facilidade de esquentar e esfriar da areia.</p>
<p>Atribui a variação de temperatura às condições climáticas e fontes de calor (05 alunos)</p>	<p>- A noite é fria e não tem luz do sol para aumentar a temperatura da areia. - O sol é quem emite calor de dia no deserto e a areia aquece e esfria rapidamente. Quando há sol, fica muito quente e quando o sol vai embora, esfria. - Como não tem sol à noite, a areia esfria rapidamente fazendo a temperatura cair.</p>
<p>Associa a variação de temperatura à capacidade térmica. (02 alunos)</p>	<p>- A capacidade térmica da areia é muito grande e ela varia muito a temperatura em pouco tempo (armazena calor absorvido do sol durante o dia); - Capacidade térmica da areia é menor, então esquentam rápido e esfria rápido.</p>
<p>Associa a variação de temperatura ao calor específico da areia, porém o considera elevado. (01 aluno)</p>	<p>- O calor específico da areia é grande fazendo com que ela tenha facilidade de perder ou ganhar calor.</p>

Percebe-se que grande parte dos alunos estabeleceu a associação correta entre o conceito de calor específico e as variações de temperatura no deserto. Alguns alunos não citaram o termo “calor específico”, porém deixaram clara a relação entre absorver muito calor ou pouco calor, como por exemplo, aqueles que associam a variação de temperatura à facilidade da areia em esquentar ou esfriar. Alguns alunos usaram ideias do senso comum ao associar a variação de temperatura à existência de fontes de calor. Dois alunos se confundiram em relação à capacidade térmica, que também está associada à quantidade de calor, mostrando não ter estabelecido a diferenciação cientificamente aceita para estes dois conceitos.

Na questão N° 2, item a, solicitou-se dos alunos que calculassem a capacidade térmica. Vinte alunos acertaram o cálculo e sua unidade de medida. Um aluno errou porque dividiu a variação de temperatura pela quantidade de calor. Três alunos usaram o raciocínio correto, mas erraram ao efetuar as operações. Outros três erraram o raciocínio e dois alunos deixaram a questão sem responder.

Em relação ao item b da questão N° 2, que pede o significado do resultado encontrado no item a, relativo ao valor da capacidade térmica de um bloco, buscou-se analisar o conceito de capacidade térmica. No quadro 3 são apresentadas as respostas categorizadas:

Quadro 3: Exemplo da natureza das justificativas dadas pelos alunos quando solicitados a explicar o significado do resultado encontrado para a capacidade térmica.

CATEGORIAS	NATUREZA DAS RESPOSTAS DADAS PELOS ALUNOS
Associa capacidade térmica com a quantidade de calor necessária para variar a temperatura da amostra. (18 alunos)	<ul style="list-style-type: none"> - Significa que as moléculas precisam 10 calorias para variar 1 grau na temperatura. - Capacidade térmica é quanto de calor precisa fornecer para haver a variação de temperatura. - A cada 1 grau na variação de temperatura o alumínio precisa de 10 calorias.
Associa capacidade térmica apenas com o calor. (04 alunos)	<ul style="list-style-type: none"> - Significa a quantidade de calor que o bloco precisa receber ou perder. - Capacidade térmica de um corpo que recebeu 400 calorias. - Capacidade que um corpo tem de ser aquecido ou resfriado.

(Continua)

CATEGORIAS	NATUREZA DAS RESPOSTAS DADAS PELOS ALUNOS
Associa o resultado da capacidade térmica com a temperatura final. (01 aluno)	- O bloco de alumínio necessita de 10 cal/°C para se modelar a 60°C.
Associa capacidade térmica com a massa (01 aluno)	O bloco de alumínio aumenta a temperatura ao receber 400 calorias. Se a massa aumentar, a temperatura também precisa aumentar.
Não responderam (05 alunos)	----

Entre os alunos que justificaram a operação realizada no item b da questão, foi utilizado o conceito de calor como energia em trânsito, conceito trabalhado nos subsunçores e muitos deles mostraram clareza no registro do que foi solicitado, demonstrando compreensão do conceito de capacidade térmica. Entre as demais respostas observou-se uma justificativa coerente ao conceito, embora incompleta. Entre os cinco alunos que não justificaram, três deles não realizaram os cálculos corretos.

O quadro 4 apresenta os resultados encontrados na questão três, em que foram dispostos blocos de massas diferentes um e dois, constituídos do mesmo material, e os alunos seriam estimulados a comparar calor específico e capacidade térmica dos dois blocos. No item a da questão, 51,00% dos alunos conseguiram comparar e estabelecer a relação correta do calor específico com o material do bloco e 62,00% compreendeu relação entre a capacidade térmica e a massa.

No item c desta mesma questão os alunos foram incitados a estabelecer relação entre as grandezas quantidade de calor e variação de temperatura em relação aos blocos um e dois, sendo questionados qual dos dois estaria sujeito a uma maior troca de calor se ocorresse a mesma variação de temperatura nos dois. Os dados revelaram que aproximadamente 62,00% acertaram esta questão, apresentando justificativas pertinentes em relação à diferença entre as massas conforme destacado na categorização mostrada no quadro 4.

Quadro 4: Exemplo da natureza das justificativas dadas pelos alunos quando solicitados a comparar a liberação de calor por dois blocos de massas diferentes.

CATEGORIAS	NATUREZA DAS RESPOSTAS DADAS PELOS ALUNOS
Associa a maior liberação de calor ao bloco de maior massa. (17 alunos)	<ul style="list-style-type: none"> - Porque a massa é diretamente proporcional à quantidade de calor, portanto quanto maior a massa maior é a quantidade de calor. - Pois ele já tem uma capacidade térmica alta, sua massa sendo maior ele receberá maior quantidade de calor, mas também liberará maior quantidade de calor que o bloco 2 por ter sua massa maior. - Porque haverá maior quantidade de calor para ser liberada.
Associa a maior liberação de calor ao bloco de menor massa (09 alunos)	<ul style="list-style-type: none"> - Sua massa é menor e com o aumento da temperatura aquecerá mais rápido liberando também mais calor; - Menor massa facilita a liberação de calor; - Quanto menor a massa, mais absorve e libera calor; - Porque tem capacidade térmica menor que o bloco 1.
Afirma que ambos liberarão a mesma quantidade de calor (01 aluno)	<ul style="list-style-type: none"> - Irão alcançar a mesma quantidade térmica.
Associa a liberação de calor ao calor específico (01 aluno)	<ul style="list-style-type: none"> -Por possuir menor calor específico.
Não responderam (01 aluno)	-----

Esta questão permite verificar que um número significativo de estudantes estabeleceu a associação correta entre a massa e a capacidade do corpo de liberar maior ou menor quantidade de calor, estabelecendo uma relação direta e mostrando compreensão de como essas grandezas se relacionam. Outros buscaram fazer esta associação usando conceitos de calor específico e capacidade térmica. Os alunos que associam liberação de calor do bloco de maior massa ao menor calor específico parecem não compreender que, o calor específico independe da massa do material e sim do tipo de material.

Na quarta questão, fornecida a capacidade térmica da garrafa e a variação da temperatura do café, pediu-se aos alunos que determinassem o calor perdido pelo café e absorvido pelo meio. Essa questão abordou o conceito de capacidade térmica, associado à transferência de calor. Verificou-se que apenas dois alunos não conseguiram realizar a operação exigida. É curioso pensar que, mesmo estando os alunos no ensino médio, dez deles não conseguiram associar a energia perdida e recebida aos sinais de menos e mais. Nesse sentido, pode-se acreditar que o erro no sinal pode estar associado à leitura da pergunta e à interpretação, no que diz respeito à energia perdida e ganha.

Certificamos que 93,00% (maioria) dos alunos aplicaram o conceito correto encontrando o resultado numérico certo. Destes, 66,00% acertaram o resultado e também o sinal representativo de energia perdida e energia absorvida. Essa questão exigia apenas a aplicação do conceito de capacidade térmica, visualizada numa situação da vida prática. O maior número de acertos poderá ter indicado um nível de dificuldade acessível aos alunos, em relação à compreensão do conceito trabalhado, denotando aprendizagem.

A equação da calorimetria foi desenvolvida nas atividades de ensino a partir de dados reais, possibilitando que os alunos descobrissem como determinar a quantidade de calor, bem como as unidades utilizadas. Na quinta questão, foi fornecida a massa de uma barra de ferro que deveria ser moldada, para que se determinasse a quantidade de calor necessária, registrando todas as unidades. Foi ainda pedido aos alunos que analisassem o calor em função das grandezas presentes na equação. A massa da barra foi dada em Kg, calor específico em $\text{cal/g}^\circ\text{C}$ e temperatura em $^\circ\text{C}$. Pediu-se aos alunos que mostrassem as unidades e que avaliassem a relação entre as grandezas quantidade de calor e calor específico, mantida a mesma massa para uma mesma variação de temperatura. O gráfico 1 ilustra os resultados encontrados.

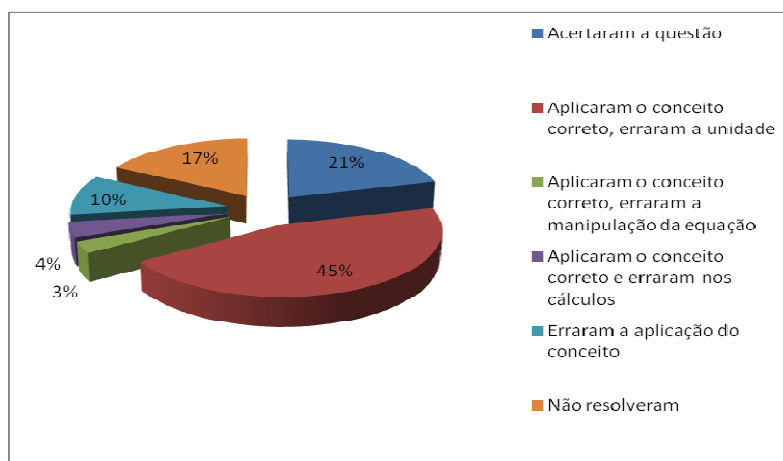


Gráfico 1 - Resultado da questão 5, questionário Q2

Observa-se que o erro nesta questão esteve ligado, em grande parte, à dificuldade em relação às unidades de medida, defasagem já identificada durante a aplicação das aulas, quando os alunos solicitavam à professora que informasse qual unidade deveria ser utilizada, justificando não estarem habituados a fazer os cálculos em que precisavam mostrar a unidade de medida. Aproximadamente 10,00% dos alunos usaram kg como unidade de massa e não conseguiram perceber a relação entre as unidades para obtenção de um resultado. Os demais não utilizaram as unidades. Nota-se que 66,00% dos alunos aplicaram o conceito correto, demonstrando ter compreendido como calcular a quantidade de calor necessário para uma dada situação problema.

No item b, 62,00% dos alunos demonstraram compreender corretamente a relação entre a quantidade de calor com calor específico, massa e variação de temperatura, quando solicitados a avaliar essa quantidade de calor para material de calor específico maior, mantida a massa e a variação de temperatura. Alguns ainda fizeram o registro da quantidade de calor a mais, que seria gasta ao utilizar uma substância com o dobro de calor específico. No quadro 5 apresenta-se evidências do resultado, representadas nas justificativas dos alunos.

Quadro 5: Exemplo da natureza das justificativas dadas pelos alunos quando solicitados a comparar a quantidade de calor ao calor específico

CATEGORIAS	NATUREZA DAS RESPOSTAS DADAS PELOS ALUNOS
Relaciona corretamente quantidade de calor com calor específico, massa e temperatura. (18 alunos)	<ul style="list-style-type: none"> - Gastaria mais calor, porque quanto mais o calor específico maior a quantidade de calor necessário para elevar a temperatura; - Mais calor, pois o calor específico é proporcional a quantidade de calor, com isso, se um aumenta o outro também aumenta; - Mais, pois o calor específico é o dobro e por isso gastaria mais calor. A barra seria aquecida a maior quantidade de calor para que ela se molde; - Será necessária mais energia para variar a temperatura.
Relaciona a quantidade de calor com a massa (02 alunos)	<ul style="list-style-type: none"> - Quanto maior a massa mais difícil aquecê-la à mesma temperatura; - Quanto menor a massa maior será o calor para aquecê-la.

(Continua)

CATEGORIAS	NATUREZA DAS RESPOSTAS DADAS PELOS ALUNOS
Relaciona as grandezas quantidade de calor e calor específico de maneira inversa (05 alunos)	<p>- Menos calor. Pois se ela já tem o dobro do calor específico do ferro e é mantida a mesma massa, o objeto já teria certo calor e precisaremos aquecê-lo menos para chegar a mesma temperatura;</p> <p>- Menos. Pois a sua quantidade de calor dobrou, então quanto maior o seu calor mais rápido será aquecido gastando menos tempo e menos calor para aquecer.</p>
Relaciona calor específico diretamente com a temperatura (01 aluno)	<p>- Se o calor específico for o dobro, a barra de ferro teria uma temperatura maior.</p>
Não responderam (03 alunos)	----

Essa questão expressa o nível de compreensão da equação da calorimetria, por grande parte do grupo (62,00%). Mesmo alunos que, por algum motivo, erraram o cálculo da quantidade de calor exigido no item a, elaboraram justificativas corretas para a forma como as grandezas se relacionam na equação da calorimetria. Observa-se uma diferença de quatro por cento, para mais, entre aqueles alunos que aplicaram o conceito correto (item a da questão) e os que justificaram corretamente. Isso pode indicar uma aprendizagem mecânica para estes quatro por cento ou mesmo uma dificuldade em registrar o seu entendimento.

A questão seis abordava o conceito de igualdade das trocas de calor através do aquecimento de uma ferradura por um ferreiro e solicitava ao aluno que determinasse a temperatura de aquecimento da ferradura para ser moldada. Nesta questão uma das massas é fornecida em gramas e a outra em kg, na tentativa de conduzir os alunos para uma observação mais cuidadosa das unidades. Os resultados encontrados são mostrados no gráfico 2.

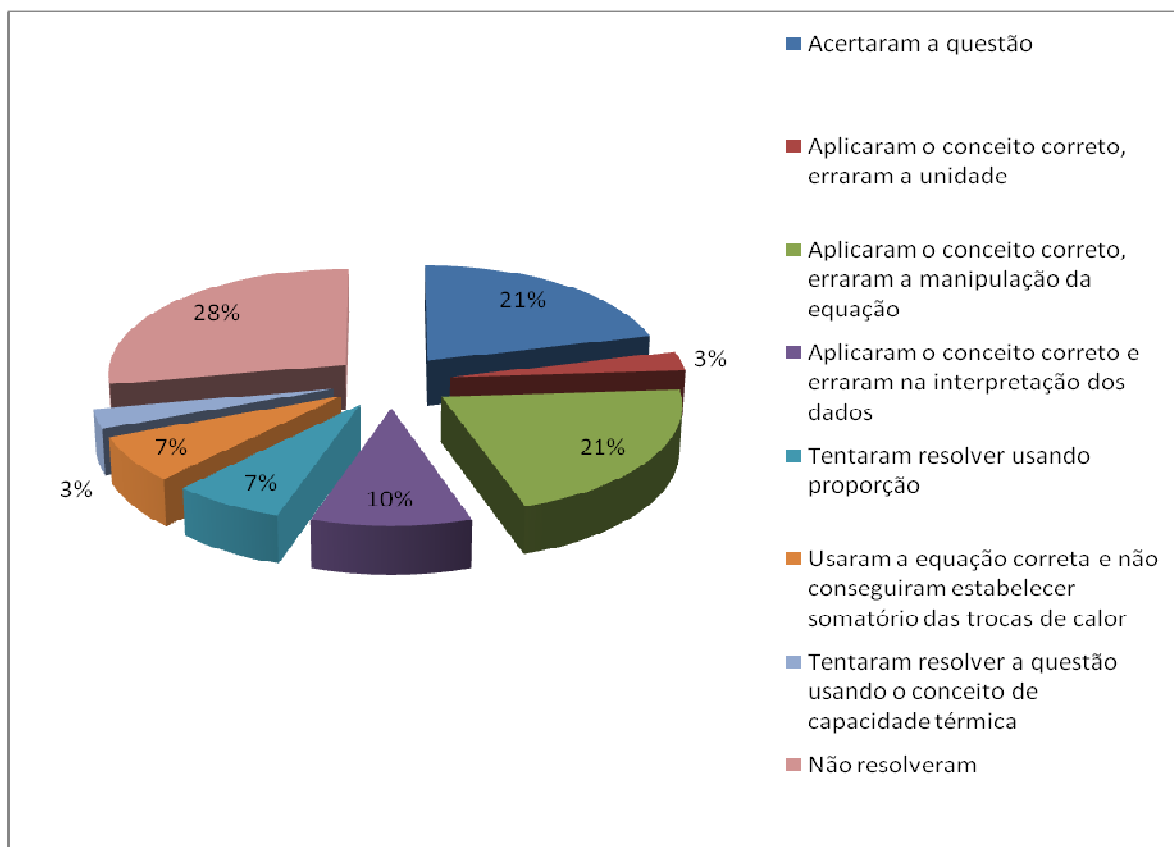


Gráfico 2- Resultado da questão 6, questionário Q2

Durante o ensino, os alunos puderam verificar como se processavam essas trocas de calor, utilizando-se do calorímetro e ainda descobrindo como operar os dados, considerando não haver perdas de calor para o meio externo. Esta questão possibilitou uma aplicação cotidiana, na moldagem da ferradura, buscando evidências de transferência (compreendida aqui como a capacidade de resolver uma situação problema).

Levando-se em consideração os alunos que conseguiram aplicar o conceito à situação contextualizada, observa-se que aproximadamente 55,00% por cento dos sujeitos compreenderam e fizeram aplicação correta, apesar de terem errado a unidade, a solução da equação ou terem interpretado os dados erroneamente. Isso realça alguns fatores que interferem na aprendizagem, bem como na avaliação dos discentes quanto à compreensão conceitual, após o trabalho realizado. O nível de desenvolvimento cognitivo dos sujeitos, a habilidade de interpretação e análise de dados, a habilidade de resolução de operações podem ter gerado um erro na resolução de alguma questão, mesmo tendo havido compreensão conceitual. Aqueles alunos que usaram proporção, ou não estabeleceram o somatório das trocas de calor ou, ainda, usaram o conceito de capacidade térmica (17,00%) buscaram ancoragem em informações não aplicáveis à situação dada, mesmo demonstrando interesse em resolvê-la, o que nos parece

intrigante e suscita novas mediações. Os 28,00% que não tentaram resolver a questão poderão indicar que o nível de cobrança dessa questão estava além do nível de desenvolvimento dos sujeitos, estabelecendo a sua apatia frente à sua resolução.

A questão sete explorou uma aplicação da equação da calorimetria e da equação de potência, inquirindo os sujeitos em relação ao tempo de uso do micro-ondas para aquecer determinada massa de água, que se encontrava a 10 graus Celsius. O gráfico 3 demonstra os alcances.

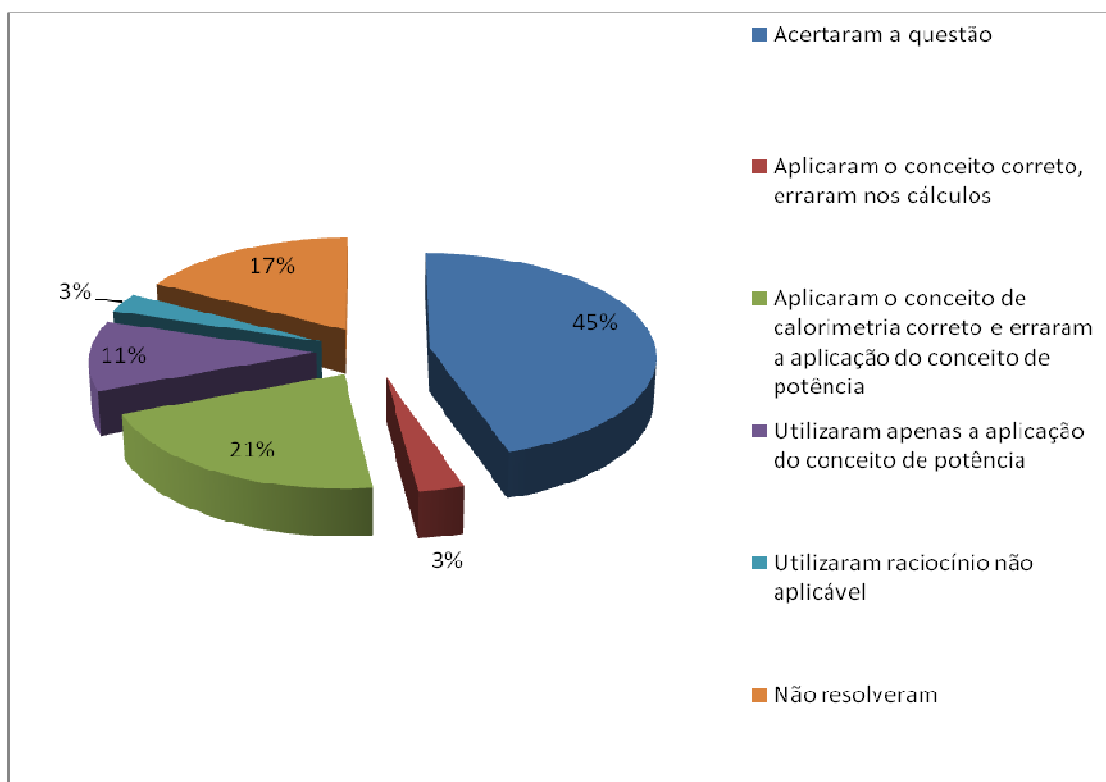


Gráfico 3 - Resultado da questão 7, questionário Q2

Observa-se que grande parte dos alunos que tentaram resolver (69,00%) a questão associou corretamente a equação da calorimetria e a de potência, utilizando a equação da calorimetria para determinar a quantidade de calor e revelando compreensão de que este calor seria a energia necessária para o aquecimento da água. Três por cento do grupo raciocinou de forma correta, apesar de falhar na realização da operação, denotando dificuldade na habilidade de calcular, como já foi destacado em questões anteriores. Aqueles 21,00% que aplicaram o conceito correto de calorimetria e erraram a aplicação do conceito de potência, iniciaram a questão expondo corretamente as equações que deveriam ser utilizadas e realizando o cálculo da quantidade de calor necessária para aquecer a água, porém falharam na aplicação dos dados

na equação de potência, indicando compreensão insuficiente da relação das grandezas nesta equação tais como: conceitos de trabalho como energia, associação entre unidades de potência e de tempo. A equação de potência parece ter sido memorizada por 11,00% dos alunos, que a escreveram na atividade, entendendo que deveriam utilizá-la, mas não souberam como fazê-lo. Aquele que utilizou um raciocínio não aplicável (3,00%) utilizou a potência do equipamento como calor específico. Os 17,00% que não tentaram resolver, podem estar indicando certa dificuldade em iniciar a questão em função da não compreensão dos dados, da dificuldade em estabelecer relação entre as equações da calorimetria e potência, ou mesmo em função da não compreensão da equação de potência, já evidenciada por aqueles que iniciaram a questão corretamente.

A questão oito exigiu dos discentes a interpretação da potência de um ebulidor, apresentada em cal/min. e interpretação de um gráfico que relacionava a temperatura atingida em função do tempo de aquecimento para uma substância ao ser aquecida, utilizando esse ebulidor. Esperava-se que os alunos fizessem as associações necessárias para determinar o calor específico da substância aquecida. No gráfico 4 estão apresentados os resultados:

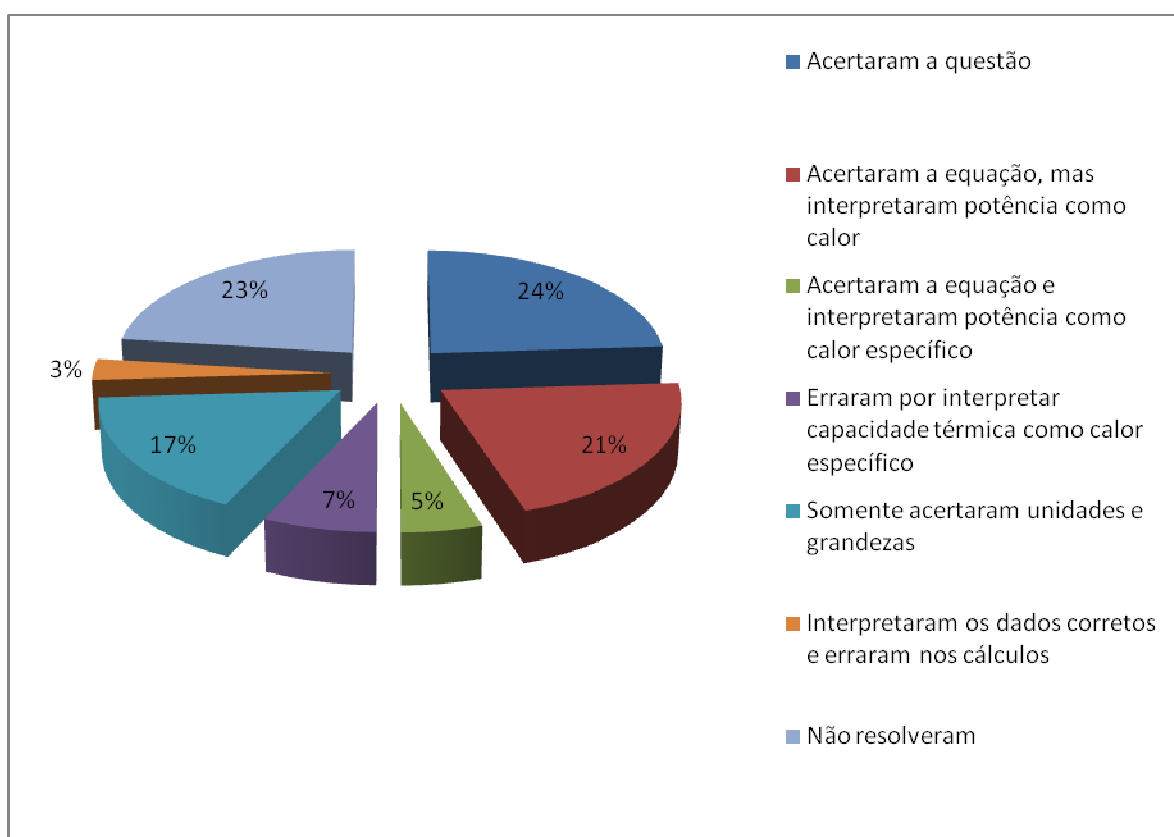


Gráfico 4– Resultado da questão 8, questionário Q2

Durante o ensino, trabalhou-se com o ebulidor, objetivando aplicar os conceitos aos equipamentos tecnológicos e exigindo determinar o tempo necessário para aquecimento de determinada massa de água, valendo constar que a potência apresentada no equipamento foi dada em W. Na situação problema dada na questão oito, foram feitas alterações no sentido de apresentar uma roupagem nova. Nesse sentido foi dada a potência em cal/min., o que parece ter causado erros no entendimento das grandezas. Além da compreensão das unidades de potência, esta questão exigia certa abstração, pois os dados precisavam ser interpretados a partir da leitura de um gráfico, que envolvia maior número de conexões entre conceitos formulados e outras habilidades. Acredita-se que isto pode ter levado a um menor número de acertos e um número representativo de alunos que deixaram a questão em branco. Após a apresentação dos dados, ficou clara a não compreensão do conceito “subsunçor” potência, por um número expressivo de alunos (21,00% + 5,00%), uma vez que tentaram fazer uso não aplicável deste conceito. Isto já havia sido verificado na questão anterior.

Na questão nove buscou-se verificar se o conceito de somatório das trocas de calor havia sido formalizado. O gráfico 5 indica esses alcances.

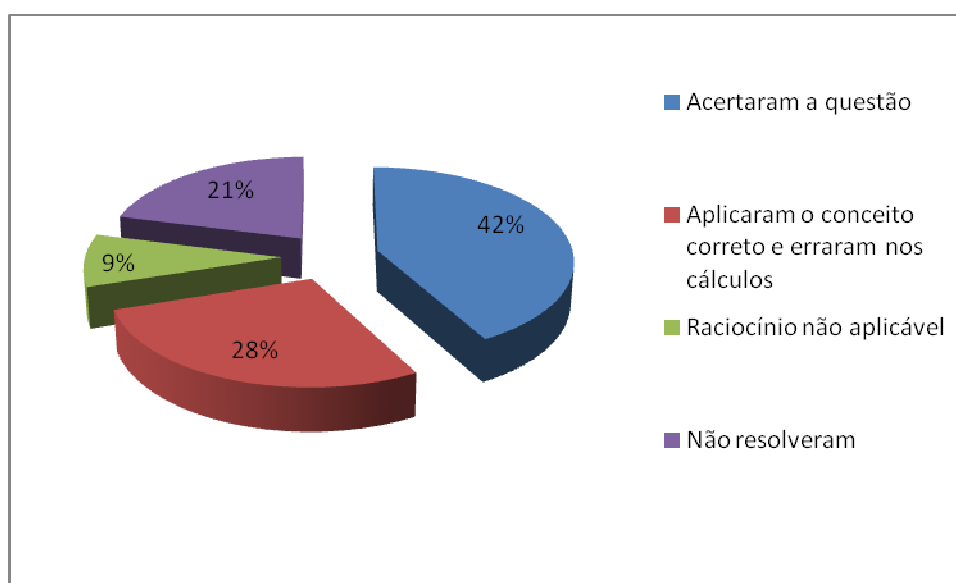


Gráfico 5- Resultado da questão 9, questionário Q2

Os dados permitem concluir que houve compreensão do conceito de somatório das trocas de calor, por grande parte dos alunos do grupo pesquisado. Ressalta-se novamente o número expressivo de alunos que erraram as operações e aqueles que não deixaram nenhuma tentativa de solução, o que impede a pesquisadora avaliar seu desenvolvimento e ainda compreender o seu entendimento em relação ao que havia sido proposto. Dos alunos que

erraram na aplicação do conceito (9,00%), neste caso, três alunos, um deles usou a equação da calorimetria identificando corretamente uma parte dos dados; outro tentou resolver, utilizando proporção; e o terceiro aluno fez o levantamento correto dos dados mas não deu continuidade à resolução.

A questão 10 trouxe uma aplicação da calorimetria à pasteurização do leite longa vida cuja resolução baseava-se na utilização da equação da calorimetria, solicitando dos alunos que determinassem a quantidade de calor necessária para essa pasteurização. O gráfico 6 ilustra o resultado, em porcentagem, em relação ao total de alunos que acertaram, os que não tentaram resolver ou que erraram a questão.

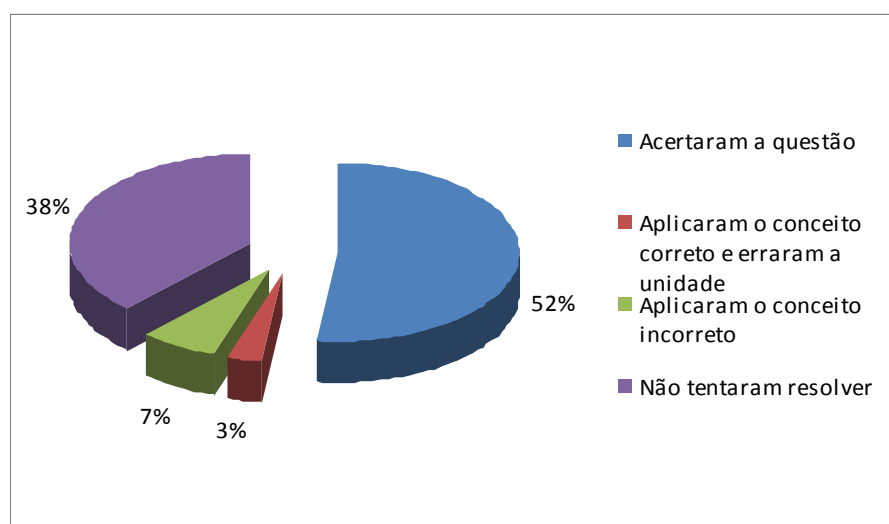


Gráfico 6– Resultado da questão 10, questionário Q2

Um número expressivo de sujeitos conseguiu um resultado final correto. Apenas um aluno (3,00%) aplicou o conceito incorretamente, utilizando a equação da calorimetria para calcular o calor específico do leite, parecendo ter compreendido calor específico como quantidade de calor necessária para aquecer o leite.

Entendia-se que esta questão associava o conteúdo trabalhado a aspectos da realidade do aluno, podendo estabelecer uma relação substantiva. Entretanto, um número significativo de alunos não tentou resolvê-la. Talvez muitos desses alunos podem ter se confundido em relação ao enunciado da questão, a qual apresenta dados, como o tempo de aquecimento que não seria utilizado na resolução do problema, diferindo de muitas questões apresentadas em materiais didáticos diversos, nos quais todos os dados oferecidos em relação ao problema devem ser encaixados em uma fórmula. Isso poderá ter limitado a ação do estudante, que esteve entre

decidir aplicar o conceito estudado fazendo uso de apenas alguns dados ou trabalhar dentro do que foi mecanizado ao longo de muito tempo de sua vida escolar.

4.1.15. Categorização dos dados apresentados no Questionário Q2

Os dados do questionário Q2, interpretados neste item, trazem resultados relacionados aos conceitos trabalhados nas aulas de Calorimetria. Foram selecionados seus principais conceitos e, para a avaliação dos alcances em relação à aprendizagem significativa, selecionaram-se algumas questões do citado questionário. Para seleção destas questões, levou-se em consideração o nível de compreensão de determinado conceito exigido por ela e/ou a sua relação com uma situação problema, o que possibilitaria verificar transferência, o que estará concorrendo para uma aprendizagem significativa.

As falas e escritas dos alunos foram analisadas, com base na perspectiva da aprendizagem significativa, ou de outra forma de aprendizagem. Para isso utilizaram-se categorias descritas no Quadro 6, e especificadas em cada questão, numa tentativa de tratar todos os alunos e suas diferentes formas de aprendizagem. Nesses termos, para visualizar e analisar cada tópico trabalhado em relação à calorimetria, apresenta-se no quadro 6, os níveis e categorias de evidências da aprendizagem significativa.

Vale considerar que, neste caso, optou-se pelo termo evidências, já que se considera um tanto difícil dizer de uma aprendizagem que tenha sido significativa ou não para aquele sujeito. Ressalta-se, ainda, que ele pode não ter demonstrado algo que fosse de seu conhecimento naquele dado momento, além de ter condições de fazê-lo em outras situações que não pudessem ser verificadas pelo professor.

Quadro 6: Categorização dos resultados

Nível	Categorias	Evidências
A	Compreenderam e resolveram corretamente fazendo as aplicações corretas.	Aprendizagem significativa
B	Compreenderam e não conseguiram chegar às respostas esperadas por falta de pré-requisitos.	Aprendizagem parcialmente significativa
C	Usa dados memorizados.	Demonstra aprendizagem mecânica
D	Não apresentaram respostas ou as respostas foram incoerentes.	Não foi possível detectar aprendizagem significativa

O gráfico 7 representa o alcance dos alunos, expresso na primeira questão, em relação ao conceito de calor específico. Foram consideradas, para estabelecer os níveis e categorias descritos no quadro 6, as seguintes especificidades: aprenderam significativamente aqueles alunos que associaram as diferenças de temperatura no deserto ao baixo calor específico da areia e ao alto calor específico da água (A) ; tiveram aprendizagem parcialmente significativa, aqueles que relacionaram as diferenças de temperatura com a demora da água em esquentar ou esfriar (B) ; foi considerada aprendizagem mecânica a associação da variação de temperatura a condições climáticas e fontes de calor (C) não foi possível detectar aprendizagem significativa quando o aluno faz a associação de variação de temperatura com a capacidade térmica e com um alto calor específico da areia (D). Os dados do gráfico 7 expressam esses resultados:

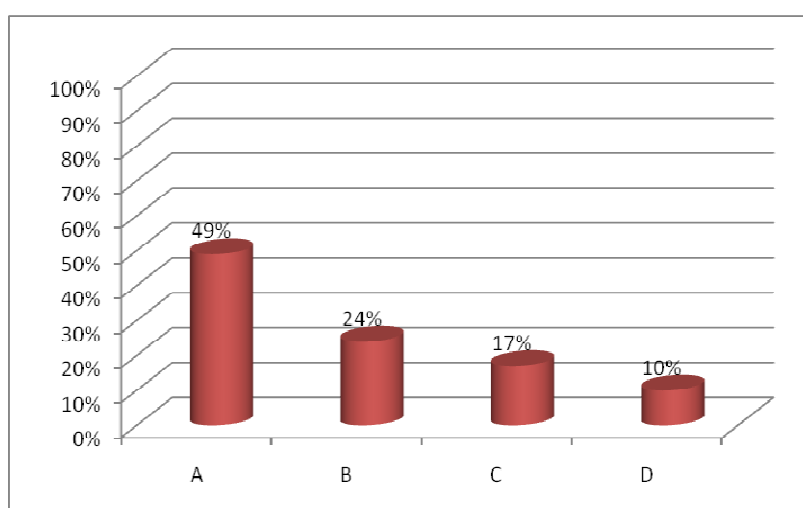


Gráfico 7 – Calor específico

O gráfico 8 representa o alcance dos alunos, expresso na segunda questão, item B, em relação ao conceito de Capacidade Térmica. Foram consideradas, para estabelecer os níveis e categorias descritos no quadro 6, as seguintes especificidades: aprenderam significativamente aqueles que associaram a capacidade térmica com a quantidade de calor necessária para variar a temperatura de uma dada amostra (A); tiveram aprendizagem parcialmente significativa aqueles que associaram capacidade térmica com a quantidade de calor e com a temperatura final (B); foi considerada aprendizagem mecânica aqueles que associaram a capacidade térmica apenas com a massa (C) e não foi possível detectar aprendizagem significativa para aqueles que não responderam (D). Os dados do gráfico expressam esses resultados:

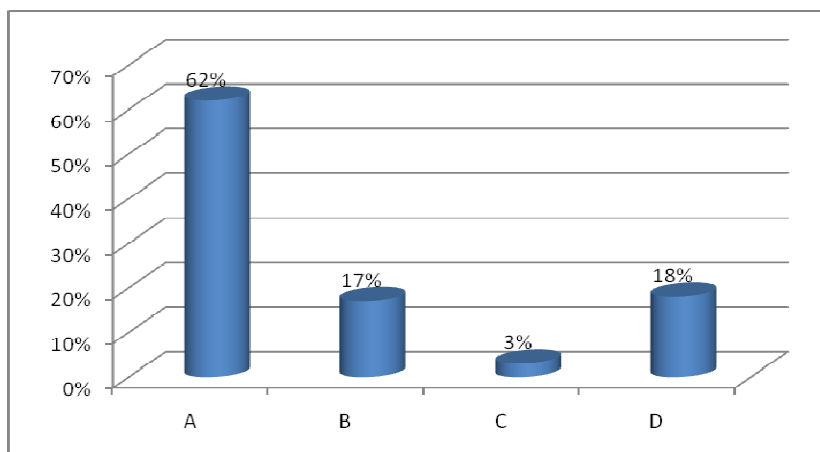


Gráfico 8 – Capacidade Térmica

O gráfico 9 representa o alcance dos alunos, expresso na quinta questão, em relação ao conceito de Equação da Calorimetria. Foram consideradas, para estabelecer os níveis e categorias descritos no quadro 6, as seguintes especificidades: aprenderam significativamente aqueles que relacionaram corretamente quantidade de calor com calor específico, massa e temperatura (A); tiveram aprendizagem parcialmente significativa aqueles que relacionaram quantidade de calor com a massa (B); foi considerada aprendizagem mecânica aqueles que relacionaram quantidade de calor e calor específico de maneira inversa ou relacionaram calor específico diretamente com temperatura (C) e não foi possível detectar aprendizagem significativa para aqueles que não responderam (D). Os dados do gráfico 9 expressam esses resultados:

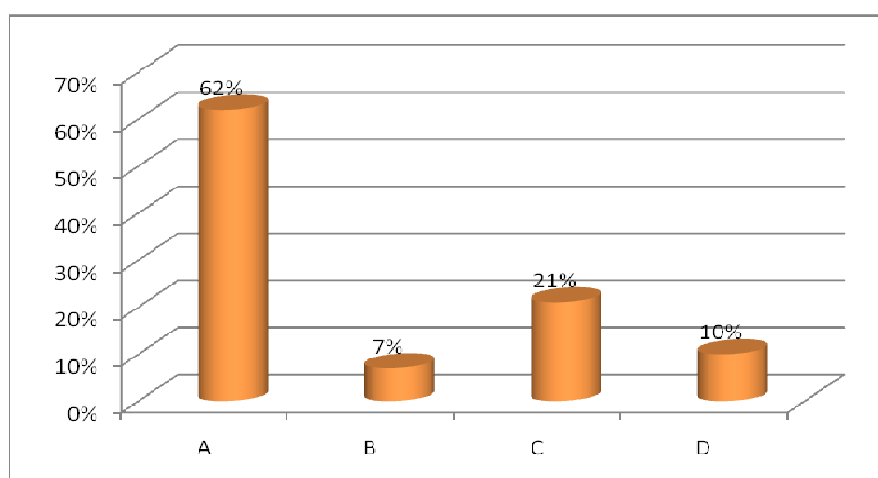


Gráfico 9 – Equação da Calorimetria

O gráfico 10 representa o alcance dos alunos, expresso na nona questão, em relação ao conceito de Equação da Calorimetria. Foram consideradas, para estabelecer os níveis e categorias descritos no quadro 6, as seguintes especificidades: aprenderam significativamente aqueles que fizeram a aplicação conceitual do somatório das trocas de calor correta (A); não foram identificados casos de aprendizagem parcialmente significativa (B); foi considerada aprendizagem mecânica aqueles que fizeram uso de conceitos não aplicáveis à questão (C) e não foi possível detectar aprendizagem significativa nos casos de alunos que não resolveram a questão (D). Os dados do gráfico 10 expressam esses resultados:

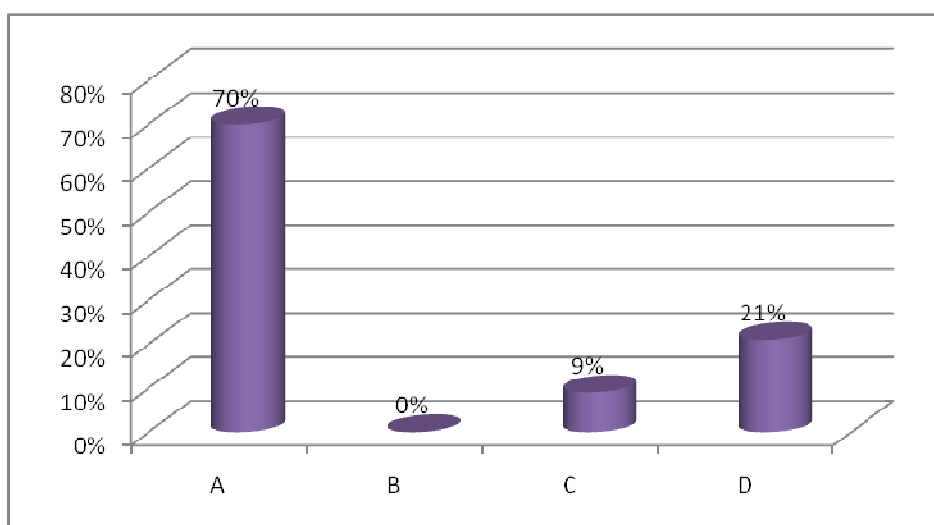


Gráfico 10– Somatório das trocas de calor

4.1.16. Dados do teste final sobre a importância da disciplina e a avaliação dos discentes sobre a metodologia utilizada.(Apêndice N)

No dia 25 de abril de 2014 aplicou-se, na turma da pesquisa, um questionário final objetivando verificar as percepções dos membros do grupo com relação à importância da disciplina Física, conjecturar sobre a teoria utilizada na pesquisa e ainda apreciar aplicações estabelecidas por eles em relação ao conteúdo trabalhado. Participaram do teste 29 membros do grupo.

Uma das questões era relativa à importância da disciplina Física, feita também no início da pesquisa, e as respostas variaram entre pouco e muito importante, sendo que apenas um aluno manteve sua posição dada inicialmente, considerando a disciplina como nada importante antes e após. Comparativamente, 35,00% dos alunos que, antes da pesquisa, consideravam o conteúdo como *pouco importante*, mudaram para a opção *muito importante* e todos os demais,

exceto aquele que não a considerou importante, consideraram o conteúdo como *muito importante* antes e após a pesquisa. Justificam-se, usando expressões conforme registrado a seguir:

“Porque com ela podemos entender muitas coisas do nosso dia-a-dia, fazendo com que facilite nosso entendimento”;
“Por perceber que a Física está presente em diversas situações da nossa vida”;
“Porque sem ela não seria possível descobrir tantas coisas que existem hoje”;
“Depois da pesquisa eu considero a Física muito importante, pois a pesquisa me fez compreender muitos fenômenos que antes eu não entendia”;
“Pois esclareceu muitas coisas que eu não sabia do meu dia a dia como radiação”;
“Pois fez com que eu decidisse o que queria ser na faculdade, que quero exercer engenharia”. (Fonte: Questionário aplicado ao final da pesquisa)

Questionados se o fato de utilizar metodologias diversificadas favorecia a compreensão dos conceitos, todos eles respondem que sim. Destacam-se as justificativas listadas abaixo:

“Muitas coisas eu não entendia como funcionava, agora facilitou o meu entendimento”;
“Porque ajuda a entender mais fácil a física com aulas “demonstrativas” do que só com aula teórica”;
“As diversas maneiras de explicação facilitou mais o entendimento”;
“Porque ficou visível certas coisas diante da matéria em relação a metodologia”;
“Porque mostra com clareza, imagens e experimentos nos quais enxergamos e compreendemos resultados”;
“Sim, porque foram apresentadas situações do dia a dia que possibilitaram um melhor entendimento, situações práticas”;
“Pois coisas simples como a areia, água facilitou bastante o entendimento”;
“Porque fez com que a gente visse aonde os conceitos se aplicam”;
“Pois o seu modo de explicar foi no nível de minha capacidade de capturar os conceitos”;
“Os experimentos, os slides, facilitou bastante o entendimento, além de ser uma maneira mais interessante de se aprender”;
“Porque me interessou mais com situações cotidianas”;
“Pois deu para entender vários lugares que a física se encontra”;
“Com os experimentos e o simulador ficou mais fácil entender a matéria”.
 (Fonte: Questionário aplicado ao final da pesquisa)

Foram questionados ainda sobre se as atividades desenvolvidas favoreceram a compreensão dos conceitos de Física de maneira mais significativa e crítica e todos os alunos respondem que sim, justificando suas afirmações:

“Porque com esses trabalhos nos ajudam a prestar mais atenção e com isso aumenta a facilidade na aprendizagem”;
“A física está presente em nosso dia-a-dia e compreender a física significa que vai responder nossas perguntas das coisas que não sabemos”;
“Porque com as atividades conseguimos aplicar a nossa teoria no nosso dia-a-dia”;
“Porque foram várias atividades e experimentos que me permitiram descobrir e exercer o conhecimento, foram atividades muito significativas”;
“Porque sabendo mais a matéria é possível compreendê-la e criticá-la”;

“Porque hoje praticamente tudo precisa de física para ser inventado ou descoberto”;
“Porque muitas das atividades fizeram com que refletíssemos sobre os resultados”;
“Porque é um tipo de aprofundamento nos temas de calorimetria”;
“Porque com uma maior compreensão é possível discutir, resolver questões e colocar em prática de uma maneira melhor”;
“Pois faz com que mostre que compreendemos o que já está descoberto, e assim podemos usar a Física com mais crítica em nosso cotidiano.”
 (Fonte: Questionário aplicado ao final da pesquisa)

Indagamos aos alunos sobre possíveis aplicações cotidianas dos conceitos estudados e constatamos que apenas um aluno não conseguiu citar nenhuma aplicação. Diversas aplicações foram citadas e/ou explicadas tais como: ebulidor, micro-ondas, aquecedor solar, garrafa térmica, potência dos equipamentos eletrônicos, fato de queimar os pés na areia da praia, brisas marítimas, aquecedor, raios infravermelhos do sol, condutores de energia, torradeira, uso do isopor como isolante térmico, transformações de energia na cozinha, vindas de energia química, corrente de ar quente e ar frio, troca de calor entre o café e o leite, sensor de presença, calorímetro e ondas eletromagnéticas do celular.

É possível também identificar, através dos registros feitos pelos alunos, que estes consideraram o uso de metodologias diversificadas como um facilitador da compreensão, permitindo reflexão e crítica, além das muitas evidências, apresentadas pelos estudantes, da importância de uma aprendizagem que se traduza em significados práticos.

Fica evidente que, contrariamente ao questionário inicial, os alunos pesquisados conseguiram estabelecer diversas conexões entre o conteúdo visto e os aparatos tecnológicos ou situações da vida prática.

4.2. Discussão dos resultados

Reportando-se à proposta da aprendizagem significativa e significativa crítica, neste trabalho destacou-se que as atividades da pesquisa, cujos resultados foram lançados nos tópicos anteriores, foram idealizadas, embasadas em linhas de pensamento que tivessem como norte um aprendizado que se estendesse para além do mecânico, mesmo considerando a importância deste em determinadas situações. Isto se configurou, tanto para as atividades consideradas como organizadoras da aprendizagem, quanto para as atividades experimentadas dentro do conteúdo de calorimetria .

Buscou-se utilizar recursos que fossem potencialmente significativos para os alunos. Os dados revelaram que os diversos materiais utilizados podem ter facilitado a compreensão da aplicação do conceito por permitirem relação “substantiva” com fatos e objetos conhecidos

pelos discentes. Isso está expresso nos comentários dos alunos ao avaliarem os materiais utilizados: *“foram apresentadas situações do dia a dia que possibilitaram melhor entendimento, situações práticas”*; *“pois coisas simples como a areia e a água facilitou bastante o entendimento”*. Em relação a isso, Ausubel (2003) afirma que materiais potencialmente significativos se relacionam de maneira plausível, sensível e não aleatória, com a estrutura cognitiva.

Durante a atividade que trabalhou processos de transmissão de calor, ao explorar a transmissão de calor por radiação, observou-se grande curiosidade dos alunos em relação às ondas eletromagnéticas. Um dos discentes tentou verificar se o seu conceito estava correto, afirmando a periculosidade da radioatividade e solicitando a verificação do potencial cancerígeno da máquina de xérox, equipamento usado por ele no trabalho. Muitos alunos solicitaram o mesmo, em relação a outros equipamentos, demonstrando interesse por este assunto, que parece possuir uma relação substantiva com seu cotidiano. Verificou-se ainda que esses estudantes fazem uso do que estão aprendendo para resolver uma situação necessária à realidade, conforme proposto por Bransford *et al.* (2007).

Conforme destacado por Moreira (2010), a prática elucida a necessidade de experimentar recursos diversificados. Dentre aqueles utilizados, o uso de um texto no início das aulas de calorimetria permitiu à grande maioria dos discentes estabelecerem relação entre o conhecimento novo e outros já disponíveis em sua estrutura cognitiva, afirmando: *“Vimos esse Epicuro em Fisologia”*, *“Esse Lavoisier é famoso, lembra daquela expressão...”*, *“Avatar é um símbolo alquímico”*. Destaca-se também a ótima aceitação dos simuladores computacionais. O grande interesse por este recurso didático foi registrado por alguns alunos que manifestaram terem utilizado tal recurso em outros momentos. Um aluno manifestou: *“Aquele simulador é muito legal, já baixei no meu computador!”*; *“Os experimentos e slides facilitou bastante o entendimento, além de ser uma maneira mais interessante de se aprender”*. A utilização de um número amplo de recursos teve como intenção permitir que um maior número de discentes fosse contemplado em suas individualidades, além de ter facilitado o uso de áreas diferentes do cérebro (visual, auditiva, tátil...) podendo estabelecer melhor a aprendizagem.

Entende-se que muitos conceitos trabalhados foram compreendidos de maneira significativa, apesar de haver momentos em que isto não pode ser comprovado, em função da falta da expressão escrita ou falada por parte dos alunos, impedindo de avaliar o alcance destes indivíduos. Isto, entretanto, não tira o mérito da exposição dos significados e poderia ser associada ao receio desses estudantes em se manifestarem e serem percebidas algumas de suas dificuldades. Ou, conforme Willingham (2011) poderia estar associado à resistência da mente

em pensar, devido ao gasto de energia, quando o discente precisa compreender, fazer as conexões, para então responder.

A pesquisa teve um foco orientado em direção a uma aprendizagem significativa crítica (cf. Moreira, 2010), que busca no aluno seu perfil investigador, problematizando e criando situações que o interroguem, dando enfoque à “interação social e ao questionamento”. Com esse objetivo, “fazer boas perguntas”, “abandonar a narrativa” e evitar a “transmissão do conhecimento” foi o que propiciou indícios de mudanças na forma de agir dos estudantes, na participação deles, talvez mais interessados ao final da pesquisa. Destaca-se inclusive o incômodo de alguns com o número frequente de perguntas (“*Você está fazendo tanta pergunta!*”), questionando os questionários (“*Professora, por que você não fala a unidade, a gente coloca aqui e pronto!*”), denotando que aquilo lhes ocasionava um “desequilíbrio” na sua rotina e, possivelmente, a demanda de um esforço maior para pensar.

Segundo Willingham (2011) o pensamento acontece quando combinamos informações do ambiente e da memória de longo prazo. Desta forma, os questionamentos exigirão do aluno avaliar o que combinar e de que maneira combinar as informações, para estabelecer novos conceitos. Entende-se que poderão fazer uso de “ideias-âncora” para combinar tais informações e verificou-se, por meio da pesquisa, a necessidade de que isso fosse fomentado durante o processo de ensino e aprendizagem, possibilitando, inclusive, a aprendizagem por descoberta.

Os questionamentos estabelecidos abriram espaço para que os alunos expusessem seu pensamento e, desta forma, pôde-se verificar situações em que estabeleceram transferência do conceito aprendido para outras situações, evidenciando aprendizagem e análise crítica. Isto pôde ser detectado quando um aluno, de posse de um material substantivo para ele (garrafa térmica), e realizando uma transferência do conceito de trocas de calor, fez a seguinte observação: “*Então a garrafa de nossa casa que deixa o café esfriar está com defeito?*”, ele supunha em seu discurso que ela não estaria fazendo seu papel de impedir trocas de calor com o ambiente. Pode-se dizer ainda da clareza de significados, conforme sugerido por Ausubel *et al.* (1980), tanto para esta interpretação da garrafa térmica, como para aquela em que o aluno reconhece o micro-ondas como equipamento de função correlata ao ebulidor, usando os conceitos prévios para justificar as formas de conversão de energia.

A aplicação cotidiana é uma evidência da aprendizagem potencialmente significativa, porque possibilita a transferência do conhecimento a outras situações. Bransford *et al.* (2007) aponta que indícios de transferência podem ser verificados quando as pessoas conseguem usar o que aprenderam para solucionar problemas novos. Isso está explícito pelos alunos que conseguiram utilizar-se dos conhecimentos de calorimetria, já internalizados, para realizar

cálculos a partir de dados experimentais e ainda para justificar as diferenças encontradas nos resultados: “*Deu diferença porque perdeu calor para o ambiente, o sistema estava aberto*”; “*A diferença é porque perdeu calor para o caneco*”; “*A diferença é porque não aproveitou toda a energia para esquentar a água*”. Explicitaram também transferência, aqueles que justificaram as diferenças de temperatura no deserto, fazendo uso do conceito de calor específico ou mesmo os que resolveram situações-problema diferenciadas, fazendo uso da equação da calorimetria, como o fizeram para a pasteurização do leite longa vida.

Priorizou-se que houvesse aprendizagem por “descoberta”, ou seja, que o conteúdo fosse descoberto pelos alunos ao longo da realização das atividades, e não que fosse transmitido de modo unilateral e acabado. Pleiteou-se a possibilidade de que a descoberta do conhecimento surgisse, e que, durante o processo de ensino, fosse possível observar o espírito desafiador de alguns membros do grupo, que buscavam os resultados sem interferência da pesquisadora. Isso esteve explícito quando, em uma atividade de aplicação tecnológica a partir de dados experimentais, 16 dos 28 alunos presentes, fizeram uso das equações estudadas e obtiveram os resultados esperados de forma autônoma, discutindo entre eles.

É importante salientar que as respostas dos alunos denunciam a forma como cada um apreende, sendo ali estabelecido o tipo de interrelação realizada por ele. A pesquisa permitiu evidenciar isso, diante de uma dada situação problema, em que alguns alunos buscaram em sua memória um termo/conceito que poderia ser aplicado na troca de calor entre as substâncias e que está associado a equilíbrio térmico, mas que alguns associaram à capacidade térmica. E ainda para o caso de um aluno que compreendeu a capacidade térmica e o calor específico como a capacidade do corpo de armazenar calor. Neste caso, Moreira (2010), fala de uma “percepção” diferenciada, em que a interpretação, relação estabelecida, será variável conforme o que o sujeito perceber naquele momento e de acordo com as conexões que fizer.

Isto também se evidencia quando alguns alunos tentaram resolver situações insistindo na utilização de proporções e regras de três em variados problemas. Para estes, a regra de três poderia ser um recurso matemático a ser utilizado em todos os problemas de física, não visualizando a necessidade de outros. Neste caso, Moreira (2010) destaca a necessidade da “desaprendizagem”, dizendo da necessidade de retomar a aplicação real daquele conceito. Desaprender, neste caso, está associado a fazer compreender para quais situações específicas a regra de três poderia ser usada.

Pôde-se perceber que embora os alunos estivessem no segundo ano do ensino médio e já utilizado o significado da expressão *variação*, muito utilizada na física, há no grupo, membros que não conseguiram identificar a variação do tempo e da temperatura, embora

esperasse que este conhecimento já fosse de domínio dos estudantes. Percebeu-se também que os símbolos específicos da disciplina, não eram do domínio de todos, o que fica claro quando os alunos pesquisados queriam saber o que significava a letra “*t*” na fórmula. Os discentes revelaram, por exemplo, não ter conhecimento sobre energia potencial gravitacional, elástica ou cinética. Sabe-se que, em muitas situações de aplicação da calorimetria, o calor utilizado para gerar energia térmica provém das formas dessas energias.

Observou-se, ainda, certa dificuldade em relação às unidades de medida. Entende-se que a compreensão destas unidades, poderia facilitar uma compreensão significativa dos conceitos, mesmo porque um número sem unidade não representa nenhuma grandeza específica; porém, a falta de unidade por si só, não é capaz de indicar a não aprendizagem. Estamos falando de “símbolos” inerentes à disciplina Física e, portanto, necessários de serem compreendidos, mas não desconsiderando o restante aprendido. Aparentemente poderia se afirmar, com base nos seus discursos, que não têm o costume de fazer o uso das unidades. A pergunta a seguir feita com frequência durante o desenvolvimento das atividades revela a dificuldade dos discentes em relação às unidades quando da resolução das questões: “*Professora, que unidade uso aqui?*”.

O erro em unidades de medida, além de ocorrer por desconhecimento das unidades específicas, também ocorre pela dificuldade em estabelecer as relações entre elas e efetuar a simplificação durante a resolução das situações-problema. Isto é verificado quando não conseguem exemplificar relação entre grandezas diversas, a partir de conteúdos já vistos e nem mesmo identificar estas grandezas através de gráficos. Isto pode ter dificultado uma compreensão significativa das relações entre calor, massa, calor específico e temperatura.

Vale ressaltar que o ensino de Física, assim como outros, tem uma relação estreita com habilidades como o Cálculo e a Linguagem, exigindo-se do estudante em muitos momentos calcular, ler, interpretar, analisar. Entende-se que a dificuldade com algumas habilidades como essas, podem ter gerado, em alguns momentos, durante as atividades dadas, a não efetivação de resultados esperados, quando da resolução de situações-problema diferenciadas, como proposto pelos teóricos. A necessidade de que o alunado tenha pré-requisitos para que o aprendizado de novos temas se consolide ficou evidente em muitos momentos. Isto pôde ser verificado quando aplicaram corretamente o conceito físico trabalhado em somatório das trocas de calor e não conseguiram chegar aos resultados esperados por resolverem incorretamente as operações e equações.

Em relação às dificuldades listadas anteriormente, verificamos que nem todos os alunos assimilaram bem os conceitos considerados necessários. Fatores diversos podem também ter contribuído para este resultado, tais como: necessidade de maior aprofundamento de

determinados conceitos, vistos pela primeira vez, conforme relato dos estudantes; ausência de alguns alunos durante a realização das atividades, por abstenção às aulas; diferença entre a forma de ensino habitual e a proposta pela pesquisadora; forma de elaboração das questões, utilizadas no teste, diferente do que é habitual nos materiais didáticos utilizados por eles; inexistência de base conceitual necessária para integração na estrutura cognitiva, dos conceitos “subsunçores”. Quanto à inexistência de base conceitual, Bransford *et al.* (2007, p.35) estabelecem:

Para o desenvolvimento da competência numa área de investigação, os estudantes devem: (a) possuir uma base sólida de conhecimento factual, (b) entender os fatos e as ideias no contexto do arcabouço contextual, e (c) organizar o conhecimento a fim de facilitar a recuperação e a aplicação. (BRANSFORD, *et al.*, 2007, p. 35)

Observa-se também, a partir do registro dos dados, que o fator “predisposição”, destacado por Ausubel *et al.* (1980), poderá facilitar ou dificultar a possibilidade de aprendizagem. Podemos sugerir que ela tem uma relação com o contexto cultural, ou com os interesses particulares de cada sujeito e, possivelmente, com o meio em que vive. Em relação a isso, Zabala (1998, p.63) acrescenta que a construção de significados por parte da pessoa que aprende depende de seu interesse, disponibilidade, conhecimentos prévios e experiência.

Um aspecto, também inerente à aprendizagem e ao ensino, refere-se à *avaliação*. Conforme proposto por Ausubel *et al.* (1980, p.500), “a medida e avaliação são partes integrantes da aprendizagem na sala de aula”. Para ele, a avaliação deve possibilitar, entre outras coisas, apanhar dados que permitam emitir um julgamento sobre a qualidade do programa instrucional, quando do desejo de aperfeiçoamento da aprendizagem, pela introdução de novos métodos e materiais instrucionais. Procurou-se, através dos métodos de avaliação, verificar o alcance dos estudantes em relação à ocorrência do tipo de aprendizagem proposta, bem como a eficácia dos materiais instrucionais utilizados.

Houve evidências de aprendizagem significativa em relação aos conceitos de calorimetria trabalhados, conforme destacado no levantamento de dados. Em relação ao conceito de calor específico, o Gráfico 6, demonstra que 49,00 % (quarenta e nove por cento) dos alunos apresentaram aprendizagem significativa. Em relação ao conceito de capacidade térmica, o Gráfico sete, demonstra que 62,00% (sessenta e dois por cento) dos alunos apresentaram aprendizagem significativa. Em relação à equação da calorimetria, o Gráfico 8, demonstra que 62,00% (sessenta e dois por cento) dos alunos apresentaram aprendizagem significativa. Em relação ao conceito somatório das trocas de calor, o Gráfico 9, demonstrou que 70,00 % (setenta por cento) dos alunos apresentaram aprendizagem significativa. Com base

nisso, pode-se afirmar que grande parte do grupo conseguiu obter a aprendizagem esperada. Além disto, deve-se considerar um grande número de alunos que apresentaram alguma outra forma de aprendizagem, fosse ela parcialmente significativa ou mecânica. Deve-se também levar em conta aqueles alunos que não permitiram que fosse identificado o seu nível de desenvolvimento, por não apresentarem respostas.

Os dados categorizados no questionário Q2 permitem verificar que o conceito “subsunçor” de potência, trabalhado nas aulas dos organizadores prévios, não obteve o alcance esperado, em relação à sua compreensão pelos discentes, o que conduziu, em média, que 34% dos alunos errassem as questões sete e oito. Neste caso, muitos alunos memorizaram o conceito, comprovando isto ao registrar a equação em uma dada situação-problema, em que seria necessário aplicá-la; porém, não haviam compreendido o significado do trabalho como energia, não conseguindo, portanto, estabelecer correlação entre a potência do equipamento e a energia que este poderia transferir. A esse respeito, segundo Bransford *et al.* (2007) “a compreensão profunda de um assunto transforma a informação factual em conhecimento utilizável”.

A representação gráfica, referente à reaplicação do questionário Q2, explicita que muitos alunos que não realizaram os cálculos, ou o fizeram de forma diferente da esperada, ainda assim, discutiam o significado quantitativo e qualitativo da relação entre as grandezas. Isto ocorreu, quando o aluno, tendo feito incorretamente os cálculos para determinar a quantidade de calor absorvida por uma barra de ferro para ser moldada, justificou corretamente a relação do calor a ser utilizado para outros materiais, outras massas e outras variações de temperatura, indicando compreensão conceitual. Isto foi apontado por Ausubel *et al.* (1980), ao afirmar que o fato de um aluno não conseguir resolver um problema, não significa não ter havido compreensão significativa do conceito.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Essa pesquisa teve como propósito promover a aprendizagem do conteúdo de calorimetria, a partir do uso de recursos diversos, buscando uma aprendizagem potencialmente significativa. Ela foi suscitada pelos desafios da sala de aula, na busca por um ensino que se traduza em aprendizagem. Ao final deste trabalho, podemos destacar alguns pontos que se fizeram relevantes no percurso.

A aprendizagem significativa pode ser compreendida como aquela em que o aluno faz uso de conhecimentos já adquiridos, estabelecendo conexão entre estes e as novas informações, provocando mudanças em conceitos já existentes em sua estrutura cognitiva, de maneira a ampliá-los, torná-los mais ricos e elaborados, de acordo com o que é cientificamente aceito. Estas interligações poderão permitir que o aluno tenha uma compreensão mais consistente dos conceitos, permitindo que ele faça uso desses conceitos aprendidos para resolver problemas diversos. Assim, a aprendizagem significativa pode ser entendida como o desenvolvimento de capacidades para o indivíduo atuar em seu mundo, fazendo o uso necessário dos conhecimentos adquiridos.

O presente trabalho buscou promover o aprendizado potencialmente significativo durante todos os trabalhos desenvolvidos na sala de aula em uma turma do 2º ano do Ensino Médio, de uma escola da Rede Estadual de Ensino na cidade Entre Rios em Minas Gerais. A pesquisa de campo permitiu, assim, verificar a possibilidade de ocorrência de uma aprendizagem significativa e crítica, em relação ao conteúdo de calorimetria, a partir de intervenções e metodologias específicas. Foi possível observar que muitos alunos, de posse dos conceitos prévios trabalhados, foram estabelecendo interligações para responder aos questionamentos e formalizar novos conceitos. A transferência, entendida por Ausubel *et al.* (1980) e também por Bransford *et al.* (2007) como forma de verificação da ocorrência da aprendizagem, foi percebida através do discurso dos próprios alunos durante momentos do ensino e também em situações-problema resolvidas por eles. Cabe ressaltar que há uma abrangência da transferência que extrapola os espaços da sala de aula, e que não pôde ser observada pelo pesquisador.

Foi possível perceber a relevância dos conceitos prévios dos discentes no sentido de realmente serem um diferencial, quando se pretende uma aprendizagem que permite aos estudantes estabelecer significados precisos em relação ao que está sendo trabalhado, o que está posto por Ausubel *et al.* (1980).

A pesquisa permitiu concluir que apenas os conhecimentos prévios não são garantia de aprendizagem significativa, visto que deparou-se com sujeitos, com perfis diferenciados, muitas vezes desmotivados para o aprendizado, até por sua dificuldade em se aproximar da disciplina de Física, ou ainda pela distância que percebem entre os conteúdos e sua vida cotidiana.

Diante disso cabe ressaltar, de acordo com Lemos (2011), que o significado será atribuído pelo sujeito que aprende, uma vez que ele considera um conceito correto ou não, do ponto de vista científico, ou seja, atribui importância a um conhecimento, com base na utilidade que tenha em sua vida. Nesse sentido é importante compreender que o conhecimento e a aprendizagem são, de certo modo, provisórios e que dependem do contexto, das experiências pessoais, sociais, culturais.

Durante a pesquisa de campo percebeu-se que o uso de aplicações cotidianas serviu como motivação e permitiu vislumbrar a aplicação dos conceitos, ao fazer link dos conceitos da Física com equipamentos diversos, principalmente aqueles que os alunos têm contato em seu cotidiano, estabelecendo relação substantiva com o que estava sendo estudado. Ressalta-se a necessidade da mediação do educador para estabelecer a ligação entre o conceito da Física e a construção e funcionamento dos equipamentos, uma vez que nem sempre o aluno conseguirá visualizar isto sozinho. Isto ocorre porque estas aplicações nem sempre são diretas e ou de fácil percepção.

Em relação à forma como os conceitos devem ser formalizados na perspectiva da aprendizagem significativa, assim como baseando-se em estudos mais recentes, que trazem a forma como os alunos aprendem, ficou notório que a sequência de conteúdos apresentados nos livros didáticos e também a forma como estes conteúdos são apresentados em sala de aula, poderão facilitar ou dificultar a aprendizagem. Quanto a esse encadeamento de conteúdos para se estudar a calorimetria, visando a uma aprendizagem significativa, verificou-se que o trabalho pode ser facilitado quando se inicia o estudo de calorimetria após o estudo dos conceitos de energia e potência, sistemas, calor e seus processos de transmissão, temperatura, paredes térmicas e equilíbrio térmico.

Nesse sentido, a pesquisa possibilitou observar que o trabalho com os “organizadores prévios” proposto por Ausubel *et al.* (1980), estabelecendo ideias mais gerais, ocorrerá de forma mais eficiente quando a sequência adotada para o ensino priorizar, inicialmente, no primeiro ano do ensino médio, os conceitos generalistas que são a base para outros mais específicos, que serão ensinados a partir do segundo ano. Assim, observou-se certa ineficiência no trabalho com os organizadores prévios, já que a demanda diagnosticada inicialmente era

demasiadamente extensa para o tempo proposto, tendo-se percebido que muitos alunos não dominavam conteúdos básicos como conceitos de energia, propostos para o primeiro ano, conforme o Currículo Básico Comum e que estavam sendo vistos pela primeira vez. Acredita-se que isto pode ter resultado nas dificuldades apresentadas pelos discentes no estudo do conteúdo de potência.

Concordou-se com Moreira (2010) quando diz do abandono do livro texto, não no sentido de deixar de usá-lo, mas no sentido de selecionar o que melhor se adapta em cada etapa de ensino. Deve-se levar em consideração que os materiais podem ir além da transmissão do conhecimento, estabelecendo com o discente uma interação apropriada ao seu pensar. Quanto a isso, a pesquisa permitiu verificar o grande trabalho envolvido na escolha de quais materiais devem ser utilizados e qual sequência de conteúdos deve ser adotada frente aos objetivos pretendidos. Cabe destacar que, em cada atividade que se pretenda fazer, enfatizando a qualidade, será necessário planejar cuidadosamente. Somente ter ciência da necessidade de usar materiais diversos poderá não garantir resultados eficientes.

Esta pesquisa priorizou metodologias ativas, que se baseiam no papel participativo do aluno, e que tem no professor um mediador que oferece condições para o aluno se desenvolver, ensinando-o como buscar informações nos diversos meios disponíveis e construir o seu conhecimento. Tais metodologias são compreendidas ao final desta pesquisa, como caminhos viáveis ao tipo de aprendizagem proposta, porque tornam o aluno ativo, permitindo-lhe vivenciar situações que o incitam a refletir e gerar conhecimento. Conforme já enunciado por Carvalho (2012), para uma aprendizagem significativa, faz-se necessária a participação ativa do estudante.

Partindo de uma proposta dialógica entre professor e aluno, e aluno-aluno, enfatizada durante todo o processo de ensino-aprendizagem, conforme proposta de Moreira (2010), foi possível suscitar no aluno o pensar para elaborar seus conhecimentos, exigindo dele que estivesse sempre retomando conceitos gerais, já existentes em sua estrutura cognitiva, para ancorarem conteúdos específicos. Isto pôde ser verificado em situações diversas, como naquela em que o aluno fez uso do conceito de sistema e de calor para justificar perdas de calor em função de um sistema aberto.

Observou-se que esse método é instigante para muitos alunos que se envolvem e tentam responder à sua maneira, as questões. Entretanto, há aqueles que se mantêm atentos, observadores, mas em silêncio. Há ainda aqueles que se arriscam a dizer: “*você está fazendo tanta pergunta!*”. Entre as várias questões que poderão ter estabelecido o silêncio de muitos, pode-se considerar a falta de confiança em suas respostas; o medo de expor as dificuldades; ou

ainda à pouca vivência deste tipo de intervenção. O receio em responder e errar ou mesmo se expor poderia estar associado ao hábito de se utilizar outros métodos tradicionais. Em relação àqueles alunos que se incomodavam com as perguntas frequentes, observaram-se indícios de que, para eles, aprender significativamente é mais exigente, pois é necessário analisar com mais afinco, estabelecer relações, raciocinar. Isto concorre para a opção feita por muitos em decorar fórmulas e utilizá-las mecanicamente.

Acredita-se que o uso de recursos diversos, como amplamente discutido, fez sentido nesta metodologia, contribuindo para ativar um maior número de áreas cerebrais, o que, segundo os conceitos da Neurociência, poderá facilitar a aprendizagem. Ao se utilizarem recursos variados, sempre foi tido como norte suscitar a investigação, a descoberta e a construção do conhecimento.

A pesquisa proporcionou reflexão em relação ao estudo da Matemática, nas séries iniciais do ensino fundamental, levando-se a questionar o ensino que garantisse uma aprendizagem de operações fundamentais, frente à necessidade de uso em outras situações. Por que alguns alunos, após terem passado pelo ensino fundamental, estudando operações durante todo esse percurso, chegam ao ensino médio sem essa habilidade? Estariam os professores focados apenas no ensino? A evidência das dificuldades dos alunos, não vencidas em tempo hábil como é o caso das operações, estabeleceu entrave para o desenvolvimento, por parte dos alunos, de algumas atividades propostas.

Apesar disso, é necessário pensar que a Física não se resume a fazer cálculos e que se apresenta numa linguagem bastante específica, por vezes até excludente. Vê-se que não poderão ser excluídos do processo aqueles que, neste momento do ensino, não dominam habilidades como operações e ou equações. Há que se pensar em novas formas de resolver este problema, questão que não foi vislumbrada nesta pesquisa. Poder-se-ia começar a valorizar o fenômeno físico e suas possíveis aplicações, para os quais pode-se verificar compreensão, mesmo sem a realização de cálculos, o que fica evidente em algumas explicações dadas pelos alunos que, mesmo tendo errado as operações explicitaram o significado do que estava sendo calculado. Entende-se isto como passível de acontecer no Ensino Médio, o que poderá ampliar as chances de verificarmos outras formas de aprendizagens dos discentes.

A partir disso entende-se que os diversos itens elencados por Moreira (2010) para a ocorrência de uma aprendizagem significativa crítica, passam a fazer sentido se o educador tem clareza de quais são seus objetivos e quais resultados quer obter, principalmente quando se pensa numa educação que prioriza a qualidade e a profundidade do que é ensinado. Entende-se

que possivelmente se estes alunos tivessem sido formados neste processo, desde as séries iniciais, este tipo de aprendizagem poderia se dar de modo mais fértil.

A pesquisa pode contribuir com a escola, especialmente no conteúdo de calorimetria, porque despertou o interesse dos alunos em buscar outros recursos para a aprendizagem, conforme foi relatado por eles, ao dizerem estar fazendo uso do simulador em seus ambientes fora da escola. Além disso, também despertou o interesse do professor titular, em buscar outros recursos e aplicar didáticas relacionadas àquela proposta, quando esse professor relata “*esta aula foi muito bacana*”. Esse professor constatou, em alguns momentos, o envolvimento dos alunos nas atividades.

Em relação à sua contribuição no campo científico, fica um indicativo de que o ensino carece de muitas mudanças e que as pesquisas têm muito a colaborar para a ocorrência dessas transformações. Tanto os outros conceitos da Física, ou mesmo de outras disciplinas, poderão ser desenvolvidos tendo como base a aprendizagem significativa. Contrariando as propostas de mera transmissão do conhecimento, do uso de experimentos apenas como demonstração, de que textos servem-se apenas ao português ou linguagens da área de humanas, iniciou-se um estudo que poderá indicar como elaborar atividades que possibilitem a evolução do educando e seu protagonismo, dentro de propostas educacionais.

Acredita-se ter havido avanço na relação entre educador, educando e material de ensino, conforme propôs Gowin (apud Moreira, 1999), uma vez que a pesquisa permitiu ao educador estabelecer diálogo com os alunos, permitindo-lhes serem agentes organizadores e construtores do próprio conhecimento; possibilitando reflexões e trocas entre os estudantes de forma autônoma e crítica; utilizando-se de materiais que possuíam relação substantiva com os conhecimentos dos alunos; avaliando os materiais instrucionais, sobre seu potencial para estabelecer aprendizagem significativa. Desta relação, resultou a suposta atribuição de novos significados às experiências dos estudantes na vida cotidiana, conforme foi relatado por eles no questionário final aplicado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; e HANESIAN, H. **Psicologia Educacional**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interamericana. Tradução ao português de Eva Nick *et al.* de Educational psychology: a cognitive view (1968). 1980.

_____. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas. Tradução ao português de Lígia Teopisto, do original The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view (2000). 2003.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011, 229p.

BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Porto: Porto Editora, 1994.

BONJORNO, R. A. et al. **Física completa**. São Paulo: FTD, 2001.

BRANSFORD, J. D; BROWN, A. L; COCKING, R. R. Como as pessoas aprendem: cérebro, mente, experiência e escola. São Paulo: Senac São Paulo, 2007.

BRASIL. Lei n. 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 23 dez. 1996. Seção 1.

_____. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica, Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. Guia de livros didáticos: PNLD 2012-Física. Brasília: MEC/SEB/2011.

_____. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. **Diretrizes curriculares nacionais para o ensino médio**. Brasília: MEC/ CNE, 1999

_____. Secretaria de Educação Média e tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília: MEC/SEMTEC, 1999.

CASSANDRE, M. P; GODOI, C.K. Metodologias intervencionista da Teoria da atividade histórico-cultural: abrindo possibilidades para os estudos organizacionais. **Revista gestão organizacional**, v. 6, Edição especial, 2013.

CASSANDRE, M. P; QUEROL, M. A. P. A evolução da pesquisa intervencionista na Teoria da atividade histórico-cultural: do indivíduo à uma rede de sistemas de atividade. **XXXVII Encontro da ANPAD**, Rio de Janeiro, 7 a 11 de setembro de 2013.

CARVALHO, A. M. P. **Ensino de Ciências: unindo a pesquisa a prática**. 1. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

CARVALHO, R. L. de. **A criação de ambientes favoráveis à aprendizagem significativa crítica em contextos de cursos regulares nas aulas de matemática**. 2012. 181p. Dissertação

de Mestrado Profissional em Educação Matemática, Instituto de Ciências Exatas e Biológicas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2012.

COLL, C. et. al. **O construtivismo na sala de aula**. São Paulo: Editora Ática, 2003

ESPÍNDOLA, K. **A pedagogia de projetos como estratégia de ensino para alunos da educação de jovens e adultos: em busca de uma aprendizagem significativa em Física**. 2005. 207 p. Dissertação de Mestrado Profissional em Ensino de Física, Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

FIorentini, D.; Lorenzato, S. **Investigação em educação matemática: percursos teóricos e metodológicos**. 2. ed. Campinas, São Paulo: Autores Associados Ltda, 2007.

FRANCO, M. L. P. B. **Análise de conteúdo**. 3. ed. Brasília: Liber Livro Editora, 2008

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do oprimido**. 18. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1988.

GONÇALVES, I. J. **Uso de animações visando a aprendizagem significativa de Física Térmica no ensino médio**. 2005. 97 p. Dissertação de Mestrado Profissional em Ensino de Física, Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

GOWIN, D.B. (1981). *Educating*. Ithaca, N.Y.: Cornell University Press.

GREF. **Física 1: Mecânica**. 7. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001.

_____. **Física 2: Física Térmica / Óptica**. 5. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2005.

KATO, D. S., KAWASAKI, C. S. As concepções de contextualização do ensino em documentos curriculares oficiais e de professores de ciências. **Ciência & Educação**, 17, n.1, p.35-50, 2011.

KENSKI, V. M. **Educação e tecnologias: O novo ritmo da informação**. 4 ed. Campinas, São Paulo: Papirus, 2007.

LEMOS, E. S. **A Aprendizagem Significativa: estratégias facilitadoras e avaliação**. In: *Aprendizagem significativa em revista/ Meaningful Learning Review*- V. 1 (1), p.25-35, 2011.

LUZ, A. M. R; ALVARES, B. A. **Física: Volume 1**. São Paulo: Scipione, 2010.

_____. **Física: Volume 2**. São Paulo: Scipione, 2010.

MINAS GERAIS. Secretaria do Estado de Educação. **Conteúdo Básico Comum: CBC Física**. Belo Horizonte: SEE/MG, 2007. 60 p.

_____. Secretaria de Estado de Educação. **Novo Plano Curricular do Ensino Médio**. Belo Horizonte: SEE/MG, 2006. 61 p.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa**. Fórum Permanente de professores. Brasília: Ed. Universidade de Brasília, 1999.

_____. **Aprendizagem significativa Crítica**. Publicada também em Indivisa, Boletín de Estudios e Investigación, nº6, PP. 83-101, 2005, com o título Aprendizaje Significativo Crítico. 2ª edição 2010; ISBN 85-904420-7-1.

_____. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999.

MOREIRA, M. A., e LEVANDOWSKI, C. E. **Diferentes abordagens ao ensino de laboratório**. Porto Alegre, Ed. da Universidade, UFRGS. 1983

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F.S. **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Centauro, 2001.

NEVES, J. L. Pesquisa qualitativa: características, usos e possibilidades. Cadernos de Pesquisas em Administração, v.1,n.3,2º sem.,1996.

PERRENOUD, P. **Construir competências desde a escola**. Tradução Bruno Charles Magne. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 1999.

Proposta Político Pedagógica. Escola Estadual Ribeiro de Oliveira, 2013.
Regimento Escolar. Escola Estadual Ribeiro de Oliveira, 2013.

SANTOS, J. N. dos. **O uso de ferramentas cognitivas para a aprendizagem de Física**. 2005.p.129. Dissertação apresentada ao curso de Pós- Graduação em Física, Universidade do ceará, Fortaleza, 2005.

SIAS, D.B. **A aquisição automática de dados proporcionando discussões conceituais na Física térmica do ensino médio**. 2006. 182 p. Dissertação programa de pós-graduação em ensino de Física, Mestrado profissional em ensino de Física. Instituto de Física. Porto Alegre, 2006.

SILVA, A. P. B.; FORATO, T. C. M.; GOMES, J. L. A. M. C. Concepções sobre a natureza do calor em diferentes contextos históricos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.30, n.3, p. 492-537, dez. 2013.

SILVA, G. **Mapas conceituais como instrumento de promoção e avaliação da aprendizagem significativa de conceitos de calorimetria em nível médio**. 2007. 214p. Dissertação programa de Pós graduação em Ensino de Ciências, Mestrado profissional em Ensino de Ciências. Brasília, 2007.

SOBRINHO, F. J. C. **Análise de livros didáticos do nível médio quanto à potencialidade para uma possível aprendizagem significativa de Física Ambiental**. 2009. 198 p. Dissertação Programa de pós-graduação em Física Ambiental, Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2009.

WILLINGHAM, D. T. (2011). **Por que os alunos não gostam da escola**. Porto Alegre: ARTMED.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: Artmed. Tradução ao português de Ernani F. da F. Rosa. *La práctica educativa: cómo enseñar*. (1995). 1998.

APÊNDICES

APÊNDICE A: QUESTIONÁRIO SÓCIOECONÔMICO-CULTURAL DO ALUNO

Caro aluno, você está participando de uma pesquisa de mestrado em Ensino de Ciências na disciplina Física. Os estudos desenvolvidos pela mestranda da UFOP, Marta de Azevedo Machado, poderá contribuir com a prática pedagógica da mesma e de demais membros do corpo docente. Desta forma sua colaboração de forma honesta e sincera é de importância fundamental para o sucesso dos trabalhos. Os questionários serão destinados apenas para a pesquisa, não sendo feita nenhuma outra forma de divulgação dos dados coletados. Você terá seu anonimato garantido durante a pesquisa, seu nome não constará em nenhum trabalho originado por esta pesquisa. Para desenvolver atividades com a classe faz-se necessário conhecer um pouco mais sobre os discentes da mesma. Obrigada!

1) Você mora no perímetro:

urbano rural

2) Você é aluno do 2º ano do ensino médio:

novato repetente

3) Você cursou a disciplina Física, do 1º ano:

uma única vez mais de uma vez

4) Sua mãe trabalha fora de casa:

Oito horas por dia Quatro horas por dia Não trabalha fora

5) Sua mãe recebe:

menos que um salário mínimo um salário mínimo mais que um salário mínimo
 não trabalha fora

6) Você trabalha fora de casa:

Oito horas por dia Quatro horas por dia Não trabalha fora

7) Você recebe:

menos que um salário mínimo um salário mínimo dois salários ou mais
 não trabalha fora

8) Seu pai, no momento, está:

aposentado executa trabalho autônomo empregado

desempregado

9) Qual a profissão de seu pai? _____

10) Você faz outro curso fora de casa ou pela internet além de vir para a escola?

Sim Qual? _____ Não

11) Você costuma estudar em casa:

uma hora ou menos por dia de uma a duas horas por dia de duas a três horas por dia somente em datas de prova raramente estuda em casa

12) Você pratica alguma atividade esportiva?

Sim. Qual? _____ Não

13) Você faz algum curso artístico, cultural, musical ou de entretenimento?

Sim Qual? _____ Não

14) Quantas pessoas moram na sua casa, contando com você?

2 pessoas 3 pessoas 4 pessoas 5 pessoas

Mais de 5 pessoas

15) Em média, qual a renda de sua família, contando todas as pessoas da família que tem trabalho remunerado?

Menos de um salário mínimo De 1 a 2 salários De 2 a 3 salários

De 3 a 4 salários De 4 a 6 salários Mais de 6 salários

16) Com que frequência você acessa a internet por dia?

Menos de 1 hora De 1 a 2 horas De 2 a 3 horas Mais que 3 horas

Raramente

17) O que você costuma acessar na internet? Assinale todos que usar.

Site de notícias Pesquisas Facebook Twitter _____

18) Que tipo de atividade cultural, esportiva ou de lazer você gostaria de fazer e não está fazendo? Por quê?

Querido aluno, este teste faz parte do trabalho de pesquisa do mestrado em ensino de Física da professora Marta de Azevedo Machado. É muito importante que você faça com atenção, sendo sincero em suas respostas. Sua contribuição é valiosa. Este questionário não servirá para avaliação e/ou atribuição de notas. É apenas um instrumento de coleta de dados.

1) Antes de ingressar no ensino médio você ouvia falar de Física com que frequência?

Muitas vezes poucas vezes raras vezes nenhuma vez

2) Você considera a disciplina Física:

muito importante pouco importante nada importante

Por quê?

3) Você compreende Física:

com muita dificuldade com dificuldade com facilidade com muita facilidade

4) Dentre os conteúdos de Física que você já estudou descreva uma aplicação em seu cotidiano.

5) Entre os equipamentos listado a seguir, assinale aqueles que você considera necessitar dos conteúdos de Física para compreender o funcionamento:

fogão a gás

geladeira

aquecedor solar

ferro elétrico

micro-ondas

ebulidor

sensor de presença

garrafa térmica

Caro(a) aluno(a), como você sabe o presente teste faz parte do trabalho de pesquisa. É muito importante que você faça com muita atenção e que seja sincero em suas respostas. Nossa próxima atividade dependerá deste questionário. Este questionário não será utilizado para atribuir nota ou classificá-lo.

1) Conceitue sistemas, diferenciando sistemas: abertos, fechados e isolados. Exemplifique

2) A queima de qualquer combustível recebe o nome de combustão. O **calor** liberado durante a combustão pode ser definido como sendo:

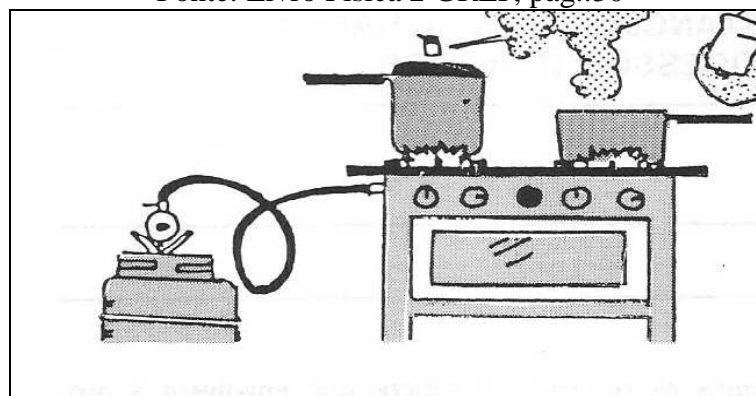
- a) medida da agitação térmica das moléculas
- b) energia transferida para outro corpo durante a queima do combustível
- c) medida da temperatura da chama
- d) quantidade de energia absorvida pela chama vinda do combustível.

3) Sabemos da existência de diversos combustíveis. Entre eles podemos citar: álcool, carvão vegetal, gases, gasolina, lenha, óleo diesel e petróleo. O combustível mais usado nas residências é o gás GLP (gás liquefeito de petróleo). Este gás na presença de uma centelha realiza combustão convertendo:

- a) energia elétrica em energia química
- b) energia química em energia térmica.
- c) energia química em energia elétrica
- d) energia elétrica em energia luminosa.

Figura 1: Aquecimento de panela em um fogão a gás

Fonte: Livro Física 2 GREF, pág.:30



4) Entende-se por massa a quantidade de matéria que constitui um corpo. Entre as unidades abaixo, aquelas que podem ser usadas como medida da massa de um corpo são:

- a) Kg b) ml c) g d) dm e) Km

5) Descreva as equações de energia cinética, elástica e potencial gravitacional mostrando como se relacionam as grandezas nestas equações.

6) Misturam-se em um recipiente, massas diferentes de um mesmo líquido. A primeira massa (A) numa temperatura de 160°C e a segunda (B) a 30°C . As duas amostras são misturadas num terceiro recipiente, onde está acoplado um termômetro. Depois de algum tempo observa-se que:

a) o líquido A, cede calor para o líquido B até que ambos estejam na mesma temperatura.

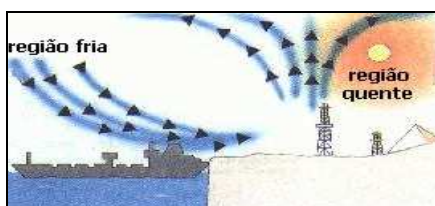
b) o líquido B, por possuir maior quantidade de calor, cede calor para A, reduzindo sua temperatura.

c) há transferência de calor de B para A até que seja atingida a temperatura de equilíbrio térmico.

d) embora não haja transferência de calor de B para A, depois de algum tempo a temperatura do dois será a mesma.

7) Sabemos que, fisicamente, calor é a transferência de energia de um sistema para outro, devida à diferença de temperatura entre os mesmos. As figuras a seguir ilustram os processos de transmissão de calor. A alternativa que representa corretamente a sequência dos processos visualizados é:

Figura 2: Transmissão de calor A



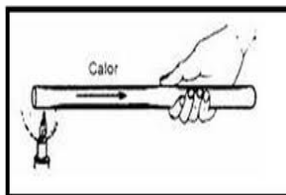
Fonte: <http://www.if.ufrgs.br/~leila/propaga.htm>

Figura 3: Transmissão de calor B



Fonte: <http://www.aulas-fisica-quimica.com/7e-11.html>

Figura 4: Transmissão de calor C



Fonte: <http://www.desconversa.com.br/fisica/tag/irradiação>

- a) condução, convecção, radiação
- b) convecção, radiação, condução
- c) radiação, convecção, condução
- d) condução, radiação convecção

8) Uma pessoa ao medir sua temperatura corporal em um termômetro graduado na escala Kelvin encontra 309°K . Quanto vale esta temperatura na escala Celsius?

9) Um aluno, estudante do 1º ano do Ensino Médio da Escola Estadual “Ribeiro de Oliveira”, deixou seu computador ligado por 10 horas em um final de semana. Sabendo que a potência de seu equipamento é de 500 W e que o preço de cada kWh de energia custa R\$0,50 pode-se afirmar que pagará a mais em sua conta de energia:

- a) R\$3,00 b) R\$ 25,00 c) R\$2,50 d) R\$ 0,25

10) O gráfico a seguir representa as variações de temperatura, em função da quantidade de calor, absorvido por determinada substância.

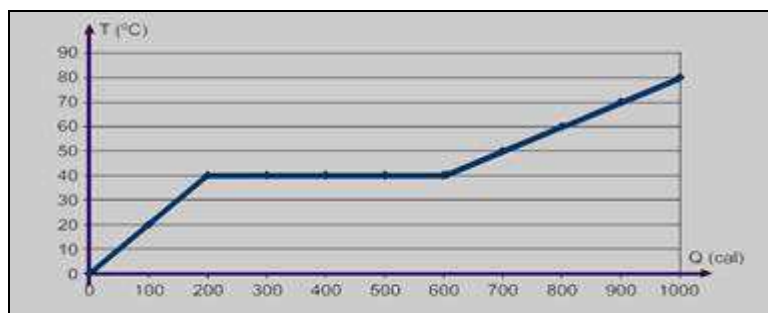


Gráfico 1 - Temperatura em função da quantidade de calor

Fonte: <http://www.fisicaevestibular.com.br/exe-ter-7.htm>

Analisando o gráfico acima, responda:

- Em que intervalo, há variação da quantidade de calor com temperatura constante?
- Calcule a inclinação da reta para a variação de temperatura de 0 a 40 °C
- Como se relacionam as grandezas calor e temperatura neste gráfico?
- Que grandezas físicas você conhece que se relacionam de maneira direta? E de maneira inversa?

11) Diferencie paredes diatérmicas de adiabáticas.

12) Você conhece algum tipo de termômetro? Como funciona o termômetro que você conhece? Conceitue temperatura.

APÊNDICE D – AULA 01- “ORGANIZADOR PRÉVIO” – RELAÇÃO ENTRE GRANDEZAS e CONVERSÃO DE ENERGIA

Atividade 1

OBJETIVO: Identificar a relação entre grandezas diretamente proporcionais reconhecendo-as em contextos diversos.

RECURSOS: Tubo transparente, com escala de volume, régua, água.

DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE: Utilizando-se um tubo de ensaio, uma régua e água, foi registrado pelos alunos o valor da altura de água na coluna do tubo para diferentes quantidades de ml água colocada no mesmo. Realizadas as medições solicitou-se dos alunos a interpretação dos resultados, direcionando-os através de questões orais e escritas, desenvolvidas em dupla.

QUESTÕES EXPLORATÓRIAS:

- 1) O que ocorre com a altura à medida que é colocada mais água no tubo?
- 2) Como se relacionam as grandezas altura da coluna de água e volume de água?
- 3) Que característica apresenta o gráfico de grandezas que se relacionam de maneira direta? Faça um esboço deste gráfico.
- 4) Que outras grandezas físicas se relacionam da mesma maneira que esta?
- 5) Registre em poucas palavras, o que são grandezas diretamente proporcionais.
- 6) Registre expressões em que se verifica este tipo de relação.

Atividade 2

OBJETIVO: Identificar grandezas inversamente proporcionais reconhecendo-as em contextos diversos.

RECURSOS: 4 latas (leite) com 1 furo, 2 furos, 3 furos e 4 furos, respectivamente; um cronômetro; água.

DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE: Para mostrar relação entre grandezas inversas, encheu-se com água cada latinha e fez-se o registro do tempo que cada uma delas gastava para esvaziar. A seguir direcionou-se a análise dos dados obtidos através de questionamentos orais e atividades escritas, desenvolvidas em dupla.

QUESTÕES EXPLORATÓRIAS:

- 1) O que ocorre com o tempo gasto para a vazão de água em cada lata?
- 2) Como se relacionam as grandezas tempo de escoamento e quantidade de furos?
- 3) Que característica apresenta o gráfico de grandezas que se relacionam de maneira inversa? Represente-o.
- 4) Que outras grandezas físicas se relacionam da mesma maneira que esta?
- 5) Registre em poucas palavras, o que são grandezas inversamente proporcionais e dê exemplos de grandezas físicas que se relacionam desta maneira.
- 6) Registre expressões em que se verifica este tipo de relação.

Atividade 3

OBJETIVO: Rever conceitos de energia, conversão de energia.

RECURSOS: Simulador Computacional *Energy Forms and Changes e Energy Skate Park: Basics*. Fonte: <file:///C:/Program%20Files%20%28x86%29/PhET/en/simulation/radio-waves.html>

DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE: Apresentou-se o simulador computacional, mostrando o funcionamento do mesmo. A seguir apresentou-se o simulador em funcionamento, questionando os estudantes sobre cada forma de energia desenvolvida, bem como que conversão estava ocorrendo. Os simuladores apresentaram diversas formas de energia bem como a conversão das mesmas. Trabalhou-se através do simulador: energia térmica, elétrica, mecânica, potencial gravitacional, cinética, química, luminosa, usando de diversos questionamentos orais. A seguir apresentou-se aos alunos, outras atividades para serem desenvolvidas em dupla.

QUESTÕES EXPLORATÓRIAS: (desenvolvidas durante a utilização do simulador, oralmente)

- 1) Que formas de energia você visualizou na simulação 1?
- 2) Quais as conversões de energia você identificou nesta simulação?
- 3) Em que situação de sua vida cotidiana você as observa? Fale exemplos.
- 4) Quais as formas de energia você verifica na simulação 2?
- 5) O que ocorre com o movimento do skate quando o mesmo está na Terra? E em Júpiter? E no espaço?
- 6) A que você atribui esta diferença no movimento do skate em cada caso?
- 7) Que energia está aumentando e diminuindo quando do movimento na Terra? E na Lua? E em Júpiter?
- 8) O que pode ser concluído em relação aos fatores que interferem na variação da energia cinética e potencial gravitacional.

APENDICE E – AULA 02- “ORGANIZADOR PRÉVIO” – CONSTITUIÇÃO DA MATÉRIA, SISTEMAS, TEMPERATURA, TRABALHO E POTÊNCIA

Atividade 1-

Revisão sobre Energia e Conservação de Energia

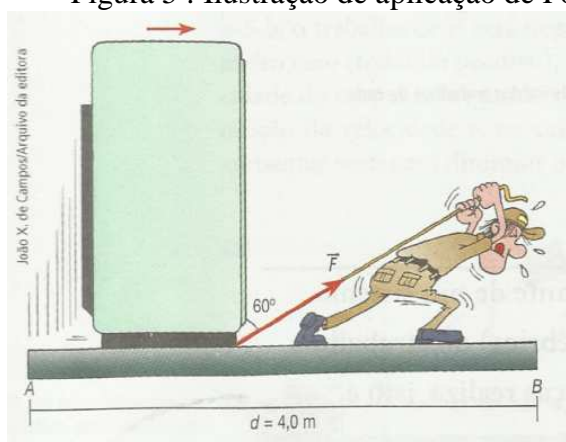
QUESTÕES EXPLORATÓRIAS: (Desenvolvidas após utilização do simulador, escritas e em dupla)

Querido aluno (a), as questões a seguir se destinam a revisar os conceitos de energia já estudados em séries anteriores, necessários para uma compreensão mais significativa da calorimetria. Façam com atenção. Obrigada.

1) O trabalho realizado sobre um corpo, quando aplicamos a ele uma força, e esta produz certo deslocamento é dado pela equação $T = F \cdot d \cdot \cos \theta$. A força pode ser totalmente convertida em trabalho quando é aplicada no sentido do deslocamento, ou parcialmente quando aplicada formando um ângulo diferente de 0° com o deslocamento. Nos casos em que a força faz 90° com o deslocamento o trabalho é zero, pois $\cos 90^\circ$ é zero. Ilustre situações em que pode-se identificar trabalho realizado.

2) (ALVARES, B.A; LUZ, A.M.R. 2012 - modificada) Uma pessoa arrasta um corpo sobre uma superfície horizontal exercendo, sobre ele, uma força de 10N como mostra a figura deste exercício. Sabendo-se que o corpo desloca de A até B, responda:

Figura 5 : Ilustração de aplicação de Força



a) Qual é o valor do ângulo entre a força F e o deslocamento do corpo?

b) Qual foi o trabalho realizado pela pessoa? Explore todas as unidades ao resolver a questão.

3) Sabe-se que a energia de movimento é chamada energia cinética. Em um carro a energia que está acumulada no combustível é transformada em energia de movimento do carro. Em um liquidificador a energia elétrica é transformada em energia de movimento (GREF, 2001, p.107). Sabemos que a energia cinética é calculada por $E = \frac{1}{2} mv^2$. Qual a energia cinética de um corpo de 4 Kg quando este passa por um determinado ponto com velocidade de 3 m/s? Qual será a unidade desta energia?

4) Nas usinas hidrelétricas existe uma barragem que armazena a água, a uma certa altura em relação à turbina. Devido à atração gravitacional da terra sobre a água, pode-se dizer que o sistema Terra-água armazena uma forma de energia que denominamos potencial gravitacional. Esta energia pode ser potencialmente transformada em energia cinética quando, através de tubos, a água atinja as turbinas. Qualquer objeto que se afaste da Terra pode armazenar energia potencial gravitacional (GREF,2001,p.107). A energia potencial gravitacional é dada por: $E_p = m \cdot g \cdot h$. Uma pessoa, situada no alto de um prédio cuja altura é de 6,0 m, deixa cair um corpo de massa $m = 10,0$ kg. (Considere gravidade de 10 m/s^2)

a) Qual é E_p gravitacional do corpo, no alto do prédio?

b) Qual é a E_p gravitacional do corpo ao passar por um ponto B, a uma altura $h = 1,0$ m acima do solo?

c) Qual o trabalho realizado pelo peso do corpo no deslocamento de A para B? Expresse a unidade do trabalho.

5) Ao esticar um elástico, dar corda em um relógio ou esticar uma mola transfere-se para estes uma quantidade de energia que é chamada energia potencial elástica, dada por $E_p = \frac{1}{2} K X^2$. Suponha que uma mola de constante elástica 50 N/m seja comprimida de 20 cm .

a) Qual a energia elástica armazenada pela mola?

b) Sabe-se que quando uma forma de energia parece deixar de existir, aparece uma outra de mesma quantidade. Este princípio é conhecido como princípio da conservação de energia. Em quais outras formas de energia poderia ser transformada a energia elástica?

6) Em alguns aparelhos como o micro-ondas, necessitamos saber a rapidez com que se processam as transformações de um tipo de energia em outra. A potência é a grandeza que nos permite verificar a variação da energia em função do tempo, quando uma máquina está em funcionamento. Pode-se afirmar que um equipamento é tanto mais potente quanto maior for o trabalho que realiza num dado intervalo de tempo. A potência é calculada por: $P = \Delta T / \Delta t$. Determine a potência de um chuveiro que converte 7800 J de energia em trabalho num intervalo de tempo de 2 s .

Atividade 2- Simulador States of Matter: Basics

Atividade 02

OBJETIVO: Visualizar constituição da matéria. Permitir ao educando a conceituação de sistemas identificando sistemas abertos, fechados e isolados.

RECURSOS: Simulador computacional: States of Matter: Basics Disponível em: <file:///C:/Program%20Files%20%28x86%29/PhET/en/simulation/radio-waves.html> Acesso em: 17/01/2014

DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE: Antes de iniciar a simulação apresentou-se o simulador conceituando sistema bem como sistema aberto, fechado e isolado a partir do sistema que seria estudado. Através do simulador permitiu-se aos alunos visualizarem sistemas constituídos por moléculas de água, oxigênio, entre outros. Explorou-se utilizando o simulador, diversas substâncias em estados físicos diferentes, mostrando a organização das moléculas em cada estado, bem como forças de interação, distância entre as moléculas. Como o simulador permitia fornecer calor ao sistema, isto foi realizado interpelando os alunos sobre o que ocorria com as moléculas ao aquecer e resfriar o sistema, levando-os a construir o conceito de temperatura e reforçando o conceito de calor.

QUESTÕES EXPLORATÓRIAS: (escritas)

- 1) Baseando-se na simulação que você observou e discutiu, redija uma explicação para:
 - a) constituição da matéria
 - b) conceito de temperatura
 - c) conceito de calor

Atividade 1

OBJETIVO: Levar o aluno a formalizar conceitos de combustíveis e calor.

RECURSOS: Texto (GREF, 2005)

DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE: Entregou-se o texto disponibilizado abaixo e pediu-se aos alunos que em dupla fizessem a leitura, respondendo as questões exploratórias disponibilizadas no próprio texto.

TEXTO UTILIZADO:

Produção de calor- Texto adaptado, livro do GREF(2005, p.30,31,32,33,34,35)

Os fornos, fogões e aquecedores em geral tem seu funcionamento baseado na queima de um combustível ou na utilização de um resistor. No primeiro caso, há transformação de energia química em energia térmica, enquanto no segundo há transformação de energia elétrica em energia térmica.

Nas residências, o combustível mais utilizado nos fogões e fornos é o GLP (gás liquefeito de petróleo), contido em botijões de gás, que, ao ser liberado, entra em contato com o oxigênio do ar e, na presença de uma centelha, transforma energia química em energia térmica. A combustão do gás permite o cozimento dos alimentos.

Esse processo recebe o nome de combustão. A energia transferida para a vizinhança (calor) depende do combustível usado e do seu fluxo. O conhecimento desses valores é importante para o dimensionamento dos queimadores e, em geral, para o planejamento, construção e uso de fogões e outros aquecedores.

Nos motores de automóvel, de outros veículos, e nas turbinas de avião, a energia necessária para a produção do movimento também é proveniente da queima de um combustível (gasolina, álcool, óleo diesel ou querosene). A quantidade de calor liberada durante a queima completa de uma unidade de massa da substância recebe o nome de calor de combustão. O valor do calor de combustão é utilizado para permitir a comparação da quantidade de calor liberada por massas iguais de diferentes combustíveis. A tabela 4- Combustíveis e combustão (abaixo), fornece o calor de combustão de algumas substâncias.

A energia necessária para a manutenção e desempenho do corpo humano é proveniente da reação de queima dos alimentos. A tabela 5 – Informação nutricional dos alimentos destaca alguns nutrientes existentes em vários alimentos e a energia absorvida.

O conhecimento da energia liberada pelos alimentos no organismo é de interesse de médicos e nutricionistas, uma vez que uma alimentação com excesso de calorias, leva em geral à obesidade e a doenças vasculares.

Mudanças no estado físico das substâncias também envolvem trocas de calor entre elas, o que permite identificar em uma delas uma fonte de calor.

Calor de dissolução é a designação da propriedade das substâncias que, ao serem misturadas em água, assumem o papel de fonte de calor em relação à vizinhança.

Em todos esses processos em que ocorrem trocas de calor, os sistemas mais quentes aquecem os mais frios. Dessa forma, “fonte de calor” é qualquer sistema que esteja mais quente que sua vizinhança. Na Física, o calor é definido como uma das formas de transferência de energia entre sistemas, em virtude da diferença de temperatura entre eles.

Desse modo, nos processos de combustão, condensação, dissolução, solidificação, atrito, choque mecânico e compressão dos gases, a troca de calor se dá no sentido de aquecer a vizinhança. Por isso, tais processos podem ser entendidos como produtores de calor.

Quase todas as fontes de energia utilizadas na Terra tem origem na energia proveniente do sol. A gasolina, o óleo diesel e os derivados do petróleo são formados pelos fósseis vegetais e animais, assim como os alimentos, a lenha e o carvão vegetal, produzidos pelas plantas, são resultados da transformação da energia proveniente do sol (através da fotossíntese) em energia química de ligação, principalmente do carbono e hidrogênio.

A pergunta que fica é: Que origem tem a energia solar?

Tabela 1- Combustível e calor de combustão

Combustível	Calor de combustão (Kcal/ Kg)
Álcool etílico (etanol) *	6400
Álcool metílico (metanol) **	4700
Carvão vegetal	7800
Coque	7200
Gás hidrogênio	28670
Gás manufacturado	5600 a 8300
Gás natural	11900
Gasolina	11100
Lenha	2800 a 4400
(Continua)	
Óleo diesel	10900
Petróleo	11900

Querosene	10900
TNT	3600

* é obtido de cana-de-acúcar, mandioca, madeira

**é obtido de carvão, gás natural, petróleo

Tabela 2- Informação nutricional de alimentos e

Alimentos	Porções (100 g)	Energia (quilocalorias)	Proteínas (gramas)	Gorduras e óleos (gramas)	Amido e açúcares (gramas)	Vitaminas (miligramas)		
						A	B	C
leite de vaca cru	1/2 copo	63	3,1	3,5	5	0,04	0,38	1
leite de soja	1/2 copo	114	6,2	4,1	14,4	—	0,26	—
iogurte	3/4 xícara	76	3,5	0,1	15,5	—	0,28	—
queijo branco fresco	1 fatia com um dedo de largura	243	18	19	—	0,27	0,33	—
nescau	1/2 copo	215	8,5	2,8	84	—	3	—
pão	2 unidades	269	9,3	2	57,4	—	1,34	—
ovo	2 unidades	163	12,9	11,5	0,8	0,53	0,5	—
carne-seca	1 bife	441	42	29	—	—	3,84	—
carne de vaca (magra)	1 bife	146	21,5	6,1	—	—	5,48	—
figado (de qualquer animal)	1 bife	136	20	3,8	4,4	8,55	16,25	26
peixe de mar frito	2 filés	371	28,9	26,1	3,4	—	2,01	—
peixe de água doce frito	2 filés	516	38,8	38,8	—	—	20,21	—
arroz polido cozido	3 colheres de sopa	167	2,3	2,9	32,3	—	0,44	—
feijão cozido	5 colheres de sopa	67	4,4	0,3	12,1	—	0,55	1
batatas fritas	2 unidades	274	4,3	13,2	36	—	3,31	21
macarrão cozido	7 colheres de sopa	111	3,4	0,4	23	—	0,32	—
açúcar refinado	5 colheres de sopa	385	—	—	99,5	—	—	—
manteiga com sal	20 colheres de chá	716	0,6	81	—	0,65	0,05	—
óleo vegetal	7 colheres de sopa	884	—	100	—	—	—	—
margarina vegetal	20 colheres de chá	720	0,6	81	0,4	0,92	—	—
chuchu cru	1/2 unidade	31	0,9	0,2	7,7	—	0,47	20
cenoura crua	1 unidade	42	1,1	0,2	9,7	1,1	0,71	8
tomate cru	2 unidades	21	0,8	0,3	4,6	0,06	0,81	23
alface	20 folhas	15	1,3	0,2	2,9	0,08	0,56	12
repolho cru	10 folhas	28	1,7	0,2	6,1	0,01	0,4	43
broto de bambu	20 unidades	28	2,5	0,3	5,3	—	0,8	9
banana-maçã	1 unidade	100	1,7	0,2	25,7	—	0,68	13
laranja-baía	1/2 unidade	42	0,8	0,2	10,5	0,01	0,32	59
mamão	1 fatia	32	0,5	0,1	8,3	0,03	0,37	46
chocolate em barra	1 tablete	528	4,4	35,1	57,9	—	0,46	—
sorvete industrializado	2 bolas	175	3,1	9,4	23,6	0,04	0,27	1
guaraná	1/2 copo	31	—	—	8	—	—	—
coca-cola	1/2 copo	39	—	—	10	—	—	—

Fonte: Estudo Nacional da Despesa Familiar – ENDEF, Secretaria de Planejamento da Presidência da República
Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 1977

energia

Questões exploratórias

1)(GREF,2001- adaptada) Consultando a tabela 2:

- Indique o combustível que libera maior quantidade de calor por unidade de massa.
- Compare a quantidade de calor liberada pela massa de álcool metílico e gasolina.

2) (GREF,2001)Para enchermos uma bola de futebol, é necessário adaptar a ela um “bico”, que diminui a área por onde o ar é expelido. Se o corpo da bomba for de metal, é possível perceber que, ao efetuarmos essa operação, a bomba apresenta um determinado aquecimento. Explique por que isso ocorre.

3)A partir da leitura do texto, conceitue calor, citando “fontes de calor” identificadas no texto ou em seu cotidiano.

APÊNDICE G – AULA 04- “ORGANIZADOR PRÉVIO” – FUNCIONAMENTO DOS TERMÔMETROS, CONCEITO DE EQUÍLBRIO TÉRMICO, ESCALAS TERMOMÉTRICAS, PAREDES TÉRMICAS.

Atividade 1

OBJETIVO: Permitir a compreensão sobre o funcionamento dos termômetros. Verificar a situação de equilíbrio térmico a partir de dados experimentais. Rever unidades de medidas de temperatura.

RECURSOS: Termômetros clínicos, termômetros de laboratório, café, leite,

DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE: Inicialmente foram mostrados os termômetros aos alunos permitindo-os manusearem os mesmos. A seguir foram questionados sobre o funcionamento dos mesmos. Partindo da observação e de reflexões os alunos foram levados a compreenderem como funcionam os termômetros, bem como as unidades de medida de temperatura. Explorou-se a conversão de unidades de temperatura através de exposição feita no quadro. Posteriormente permitiu-se aos alunos medirem a temperatura do leite, formularem hipótese sobre o que iria acontecer ao misturar o café e o leite em um calorímetro. Os alunos realizaram a experiência e a partir da temperatura obtida, foram levados a conceituarem equilíbrio térmico.

QUESTÕES EXPLORATÓRIAS:

1)(Questão apresentada antes da realização do experimento) Formule sua hipótese: Tendo o leite no calorímetro a uma dada temperatura inicial, o que você acha que poderá ocorrer com a temperatura do mesmo, ao misturar certa quantidade de café, estando o café numa temperatura inicial maior que a do leite.

2)(Questão apresentada depois da realização do experimento) Sua hipótese foi confirmada? Como você explica o fato ocorrido? Como poderia ser denominada esta temperatura final?

3)Expresse em Kelvin a temperatura de 37° C.

4) A temperatura de ebulição do nitrogênio líquido é 78K. Expresse esta temperatura e °C.

5) A temperatura de um corpo se elevou em 52°C. Qual foi a elevação da temperatura Kelvin desse corpo?

Atividade 2

OBJETIVO: Observar o comportamento de sistemas a temperaturas diferentes quando colocados em contato através de paredes diatérmicas e adiatérmicas. Conceituar paredes diatérmicas e adiatérmicas.

RECURSOS: 2 latas de metal, caixa de isopor, termômetro de álcool, água à temperatura ambiente e aquecida.

DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE: Os alunos, de posse das orientações abaixo, desenvolveram a atividade experimental, respondendo às questões exploratórias conforme registro a seguir.

Atividade desenvolvida pelos estudantes

Coloque na caixa de isopor dois recipientes de metal, com volumes de água de 50cm^3 a temperaturas iniciais diferentes, T_A e T_B . Os copos devem estar em contato mecânico através de uma das paredes de maior área.

1) Registre as temperaturas iniciais e a hora em que começa a fazer as medidas.

$$T_A = \quad ^\circ\text{C} \quad T_B = \quad ^\circ\text{C}$$

2) Meça e registre numa tabela a temperatura em intervalos de (aproximadamente) 1 minuto, e registre as temperaturas por alguns minutos.

Tabela 3- Tempo em função da temperatura

Intervalo de tempo (minutos)	Temperatura (°C)	
	A	B
Amostra		
1		
2		
3		
4		
Etc.		

3) Trace um gráfico das temperaturas em função do tempo, e indique as temperaturas correspondentes aos dois copos com símbolos diferentes, por exemplo, T_A e T_B .



Gráfico 2 - Temperatura x tempo

4) Observando o gráfico acima tente explicar como variou a temperatura da água contida nos copos durante o intervalo de tempo em que os copos de metal permaneceram em contato?

QUESTÕES EXPLORATÓRIAS:

1) Explique o que aconteceu com as massas de água dos recipientes nos dois casos.

Recipientes de metal:

Recipientes de isopor:

2) Qual dos materiais tem propriedades diatérmicas?

3) Qual dos materiais tem propriedades adiatérmicas?

Coloque agora três recipientes condutores, recipientes de metal, dentro da caixa de isopor. Coloque no meio o recipiente com a água quente e nas laterais as duas com água fria, separadas por um material isolante. Em cada latinha deixe um termômetro para registro das temperaturas.

1. Após um minuto observe as temperaturas nos três recipientes e registre suas observações em relação aos resultados encontrados.

2. Retire o material isolante, deixando por mais 1 min e registre novamente suas observações.

QUESTÃO EXPLORATÓRIA:

1) Diferencie paredes diatérmicas e paredes adiatérmicas (adiabáticas)

Atividade modificada. Forma original disponível em:

(http://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=3&ved=0CDQQFjAC&url=http%3A%2F%2Fcederj.if.ufrj.br%2Fmodulo5%2FPr%25E1tica%25201.doc.rtf&ei=Tk_kUsXJLc2EkQeliIDoCw&usg=AFQjCNEWeWvBSEkUTEcH8USyA1VhroStqA&bvm=bv.59930103.d.eW0) Acesso em 16/01/2014.

APÊNDICE H – AULA 05- “ORGANIZADOR PRÉVIO” – PROCESSOS DE TRANSMISSÃO DE CALOR

OBJETIVO: Observar os processos de transmissão de calor. Conceituar transmissão de calor por condução, convecção e radiação.

RECURSOS: Garfo constituído por dois arames de materiais diferentes aos quais foram prendidas as tachinhas com vela, isqueiro, canudinho de refresco, permanganato de potássio, fogareiro, becker, água, circuito elétrico com lâmpadas incandescentes, data show, computador.

DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE: Num primeiro momento mostrou-se aos alunos o aparato: garfo de cobre e zinco, com tachinhas presas aos dois fios, de cobre e de zinco. Pediu-se aos alunos que observassem o que iria ocorrer a partir do aquecimento da base do aparato onde estavam enrolados os dois fios. A partir da observação questionou-se aos alunos o porquê do fato ocorrido, levando-os a concluírem sobre a condução de calor através dos fios.

Posteriormente, para mostrar o processo de convecção, colocou-se sobre uma chama um frasco de vidro, introduzindo-se dentro deste recipiente um comprimido de permanganato de potássio, com a ajuda de um canudo de refrigerante, permitindo a observação por algum tempo. Num terceiro momento, visando conceituar a transmissão de calor por radiação, pediu-se aos alunos que aproximassem as mãos das lâmpadas incandescentes, ligadas em um circuito elétrico e falassem o que sentiam. A seguir foi apresentado o conceito de ondas mostrando imagens das mesmas e também o espectro eletromagnético, trabalhando radiação ionizante e não ionizante a partir do mesmo.

QUESTÕES EXPLORATÓRIAS:

Formule sua hipótese: O que você acha que ocorrerá se você aquecer o cabo do garfo?

QUESTÕES: (atividade de condução)

01) O que justifica o desprendimento das taxinhas do fio?

02) Elas caem todas ao mesmo tempo? Existe algum tipo de ordem na queda das taxinhas? Como você imagina que se dá a propagação de calor através do metal.

03) Cite exemplos de materiais utilizados em seu cotidiano que se aquecem da mesma maneira.

QUESTÕES: (atividade de convecção)

01) O que você observa no experimento?

02) Como você explica a movimentação da cor na água? Justifique sua resposta.

QUESTÕES: (atividade de radiação)

1) O que você sentiu ao aproximar as mãos da chama?

2) Como você explica o fato ocorrido?

3) Que outras fontes irradiam energia da mesma forma?

4) Partindo de sua observação do espectro e tendo conhecimento de que a energia emitida pelo celular é proporcional à frequência da onda, pode-se afirmar que ele causa câncer? Justifique.

1) Observe a figura a seguir. Ela representa o dia e a noite no deserto. Sabemos que nessas regiões o solo é composto principalmente de areia e a evaporação de água supera a precipitação pluviométrica. Suponha que a figura representa o deserto do Saara onde as chuvas são extremamente raras e a temperatura pode chegar a 50°C durante o dia e -5°C durante a noite. Justifique essa variação na temperatura, baseando-se em seus conhecimentos de calorimetria.

Figura 5: Ilustração do deserto



Fonte: Curso de Física, volume 2, Antônio Máximo e Beatriz Alvarenga, pág.: 84.

2) Um bloco de alumínio, inicialmente a uma temperatura de 20°C , tem sua temperatura elevada para 60°C , ao receber 400 cal de calor.

a) Qual é o valor da capacidade térmica do bloco?

b) Explique o significado do resultado encontrado.

3) Dois blocos de massa m_1 e m_2 foram fabricados com o mesmo material, mas possuem massas diferentes. A massa m_1 é maior que a massa m_2 .

a) Comparando o calor específico do bloco 1 com o do bloco 2 pode-se afirmar que:

$c_1 > c_2$ $c_1 < c_2$ $c_1 = c_2$

b) Comparando suas capacidades térmicas, pode-se afirmar que:

$C_1 > C_2$ $C_1 < C_2$ $C_1 = C_2$

c) Se os dois blocos, 1 e 2, sofrerem a mesma redução em sua temperatura, qual deles liberará maior quantidade de calor? Justifique.

4) A garrafa a seguir contém café a uma temperatura de 65°C . Sabe-se que a capacidade térmica do conjunto, garrafa térmica e café, é de $75\text{ cal}/^{\circ}\text{C}$. Deixada por algum tempo sobre a mesa verifica-se que sua temperatura passa a ser 60°C .

a) Pode-se afirmar que a energia térmica perdida pela garrafa e ganha pelo meio são, respectivamente:

<input type="checkbox"/> +375 cal	<input type="checkbox"/> + 375 cal
<input type="checkbox"/> -375 cal	<input type="checkbox"/> - 375 cal
<input type="checkbox"/> -400 cal	<input type="checkbox"/> +400 cal
<input type="checkbox"/> + 400 cal.	<input type="checkbox"/> - 400 cal

Figura 6: Ilustração da garrafa térmica



Fonte: <http://www.conhecaja.com/garrafa-termica>

5) Uma barra de ferro está inicialmente à temperatura de 25°C . Para ser moldada em uma indústria tem sua temperatura alterada para 100°C . Sabendo que esta barra pesa 100 Kg e que o calor específico do ferro é de $0,11\text{cal/g}^{\circ}\text{C}$, responda:

- a) Quantas calorias foram utilizadas no aquecimento da barra? Mostre as unidades.
 c) Se a barra fosse feita de um material cujo calor específico fosse o dobro, mantida a mesma massa, gastaria mais ou menos calor para aquecê-la até a mesma temperatura? Justifique.

6) (Fonte: Física 2 , GREF, Editora: edusp - modificada) Um ferreiro aquece uma ferradura de massa 0,3 Kg e, em seguida, resfria num balde que contém 5 litros (5000g) de água a 30°C . Após a ferradura entrar em equilíbrio térmico com a água, verifica-se que a temperatura do conjunto atinge 34°C . A que temperatura a ferradura foi aquecida pelo ferreiro antes de ser colocada na água? Dados: $c_{\text{Ferro}} = 0,11\text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$ $c_{\text{água}} = 1\text{cal/g}^{\circ}\text{C}$.

Figura 7: Ilustração do aquecimento e moldagem da ferradura



7) Deseja-se aquecer 1L (1000g) de água, inicialmente a 10°C até que a mesma inicie o processo de ebulição a 100°C . Para isto será utilizado um microondas de potência 420 W. O tempo necessário para a água começar a ferver será de:

- a) 5min b) 10 min c) 15 min d) 42 min e) 1 hora

Dados: calor específico da água é de $1\text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$, $1\text{ cal} = 4,2\text{ J}$

8) Um ebulidor libera energia numa potência constante de 200 cal/min. Este ebulidor é colocado em um recipiente contendo 100 g de determinada substância, e é ligado à tomada. O gráfico a seguir representa a variação de temperatura desta substância, em função do tempo. Determine o calor específico, em cal/g °C, da substância aquecida pelo ebulidor.

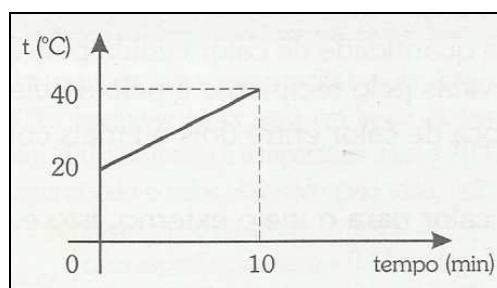


Gráfico 3 – Variação de temperatura em função do tempo

Fonte: BONJORNO, R. A. et al. **Física completa**. São Paulo: FTD, 2001.

9) No interior de um calorímetro são colocados 500 g de água à 20 ° C e 100 g de chumbo à 200 ° c. Desprezando as trocas de calor entre o calorímetro e o meio externo e entre o calorímetro e a mistura, determine a temperatura final da mistura. Considere calor específico do chumbo 0,03 cal/g°C e calor específico da água 1 cal/g°C.

10) Para pasteurizar o leite “longa vida”, este passa por um superaquecimento atingindo uma temperatura de 137° C. O aquecimento dura apenas 4s, depois o leite é colocado em caixinhas de 1 L (1000g) , ao abrigo da luz e microrganismos. Considerando a temperatura ambiente de 25° C, e o calor específico do leite aproximadamente igual ao da água (1 cal/g °C), que quantidade de calor é necessário utilizar neste processo para cada litro de leite?

OBJETIVO: Permitir visualização por parte dos alunos, dos diversos contextos histórico e cultural em que se dá construção do conhecimento. Permitir que o educando perceba o conhecimento como algo inacabado, em constante construção.

RECURSOS: Texto, Fonte: SILVA, A. P. B.; FORATO, T. C. M.; GOMES, J. L. A. M. C. Concepções sobre a natureza do calor em diferentes contextos históricos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.30, n.3, p. 492-537, dez. 2013.

DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE: Foi disponibilizado para os estudantes o texto a seguir, para que a partir de leitura, discussão em duplas e reflexão respondessem as questões disponibilizadas no próprio texto.

ATIVIDADE EXPLORATÓRIA: Texto com questões

Um pouco de contexto histórico

(Texto adaptado do artigo: Concepções sobre a natureza do calor em diferentes contextos históricos)

Para tratar da calorimetria falaremos de calor. Para vários pensadores, calor está associado ao elemento fogo e o fogo assumiu vários significados. O filósofo pré-socrático Empédocles de Agrigento (493-433 a.C), por exemplo acreditava que o fogo correspondia a um dos elementos primordiais, como também a terra, água e ar, que se juntam em quantidades diferentes para formar todas as coisas. Aristóteles (384-322 a.C) por influência de Empédocles adotou a ideia dos quatro elementos, associando a eles propriedades de umidade e secura, quentura e frieza e também acrescentou o quinto elemento que explicaria o mundo natural, o éter que seria o elemento constituinte dos corpos celestes.

Na mesma época de Aristóteles Epicuro (341-270 a.C.) defendia o atomismo de Demócrito (~ 460 a.C.), segundo o qual o Universo e tudo que nele existia seria constituído por minúsculas partículas de diferentes formatos, os átomos. Estes se encontravam formando toda a matéria existente. De acordo com os atomistas, o calor seria produzido por átomos esféricos que se movimentariam livremente no espaço vazio.

Independente da natureza atribuída ao calor, instrumentos foram construídos baseados em fenômenos em que havia aquecimento e resfriamento, como os primeiros termoscópios.

Um outro modo de interpretar o mundo, em diferentes culturas da antiguidade era a alquimia. Processos envolvendo calor, vinculados a este tipo de interpretação, costumam estar associados à ideia de Fogo, purificação, *alcahest*.

Outros pensadores, como Bacon, considerava calor como o movimento de pequenas partículas do corpo sob ação do fogo. Descartes considerava que a sensação de calor estava ligada ao movimento entre as partículas, que era comunicado aos nervos.

A forma como se fazia ciências sofreu várias mudanças no século XVIII, “século da razão”. Entre elas, mudava-se a forma de estudar os fenômenos naturais, provenientes, principalmente, das necessidades criadas pela revolução industrial, como por exemplo, a de gerar combustível. Surgem nesta época duas interpretações diferentes para o calor: flogístico e calórico.

O médico alemão George Ernst Stahl (1669-1734), chamou de flogístico o princípio inflável que os corpos possuíam. Ele tentou explicar o que ocorria na combustão e calcinação, fenômenos que envolviam alguma relação com o calor. Para Stahl, combustão seria baseada na presença de substâncias combustíveis que ao serem aquecidas por chamas produziam grande quantidade de calor e calcinação seria a transformação da substância a partir de seu aquecimento. Muitos outros filósofos associavam ideias sobre calor ao flogístico.

No final do século XVIII vários filósofos haviam realizado medições de temperatura e desenvolvido diversos tipos de termômetros. Uma melhor compreensão da natureza do calor foi possível quando da evolução da precisão dos termômetros. Exemplo disto são os estudos feitos por Joseph Black (1728-1799) sobre calor específico e calor latente. Em suas obras sobre calor específico e calor latente, evidencia-se a ideia de calor como quantidade de algo.

A hipótese do flogístico demorou a chegar na França. Em 1736 a academia de Ciências de Paris anunciou prêmio para quem apresentasse a melhor memória discutindo a “Natureza do fogo e sua propagação”. Os trabalhos enviados apresentavam tanto a visão do elemento primordial, assemelhando-se a de Aristóteles como também uma visão mais próxima do calor como um movimento entre a matéria sutil, em que os conceitos da mecânica de Newton eram aplicados (FILGUEIRAS, 1996; EULER, 1752). Contexto este onde vive Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794).

Lavoisier possuía conhecimento do que estava sendo desenvolvido em outros países e também na Inglaterra. Black havia construído um calorímetro e Lavoisier aperfeiçoou este instrumento dedicando-se aos estudos de ares (gases) e de decomposição de substâncias. Ele realizou uma série de experiências que o levou a questionar o flogístico de Stahl.

As experiências de Lavoisier permitiram que ele concluísse que a combustão era uma reação química que se dava na “atmosfera”, ou seja, existia um elemento presente no ar que permitia a combustão, a que ele chamou de calórico.

Os dilemas quanto à natureza do calor no século XVIII, não são associados apenas ao flogístico e calórico. Lavoisier e Laplace (1780) afirmam: “os Físicos estão em desacordo quanto a natureza do calor”. Duas das interpretações dadas na época eram a de calor como fluido e calor como movimento, sendo que, destacava a que associava calor a movimento.

Benjamin Thompson (1753-1814) foi um dos defensores da hipótese de calor como movimento e apresentou argumentos convincentes para esta hipótese, através da realização de uma série de experimentos. Entretanto, a hipótese de calórico e a de movimento explicavam distintos aspectos dos fenômenos envolvendo calor no século XVIII.

Outras tentativas de eliminar a teoria do calórico continuaram no século XIX, com trabalhos realizados por: Humphry Davy (1778-1829), Thomas Young (1773-1829). Neste período em que se destacam as buscas para entender às máquinas, está o trabalho de Sadi Carnot de 1824, cujos resultados estão mais próximos da hipótese de movimento.

Os trabalhos de Julius Robert Mayer (1814-1878) e James Prescott Joule (1818-1889) no século XIX, apresentam uma hipótese que associa calor a um tipo de trabalho. Os estudos de Mayer, Joule e outros do mesmo período, como Colding e Helmholtz, estavam direcionados para a concepção de equivalência entre forças. A força do movimento produzia calor, assim como forças elétricas e magnéticas. Como a força viva estava associada a movimento, que produzia calor, Helmholtz concluiu que o calor também seria um tipo de movimento (COELHO, 2009 e 2012).

No período em que se estabelecia a ideia de conservação de forças, é introduzido o termo energia. Em 1851, Thomson introduziu o conceito de energia mecânica de um corpo. Assumindo que a energia de um corpo está associada à sua atividade, e analogamente, supondo que calor era concebido como movimento, paulatinamente passou-se a adotar calor como energia.

Reinterpretando as “conservações” previstas pela filosofia, a conservação da energia e o calor como energia em trânsito pareciam responder às perguntas. A hipótese de energia e movimento (teoria cinética) ocuparam espaço no final do século XIX e início do Século XX. Mas ficam ainda perguntas que não permitem concluir que esta seja a resposta final: qual a natureza da energia? Se a energia se transforma e se conserva, conservação está associada a ideia de algo, semelhante às afirmações sobre o calórico.

O texto apresenta, de forma resumida, concepções e hipóteses que permearam a definição de calor. Percebe-se no texto que a cultura e visão de mundo de cada época influenciam na forma de observação e interpretação dos fenômenos, portanto na construção do conhecimento científico.

QUESTÕES EXPLORATÓRIAS:

- 1) Descreva todas as hipóteses acerca da natureza do calor que estão descritas no texto.
- 2) Se você tivesse que definir o calor, em qual das hipóteses você se apoiaria? Justifique sua resposta.
- 3) A partir do texto, o que você pode dizer em relação a construção do conhecimento científico?

APÊNDICE K – AULA 02 e 03 - CALORIMETRIA – CAPACIDADE TÉRMICA, CALOR ESPECÍFICO e EQUAÇÃO DA CALORIMETRIA

Atividade 1-

OBJETIVO: Desenvolver os conceitos de capacidade térmica e calor específico.

RECURSOS: Massas diferentes de água, termômetro, fogareiro, areia, circuito elétrico com lâmpadas.

DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE: Utilizando-se de lâmpadas incandescentes de mesma potência, aqueceu-se por um mesmo tempo a mesma massa de água e de areia. Permitiu-se que os estudantes realizassem a medição da temperatura inicial e final de cada amostra, verificando o baixo calor específico da areia.

Aquecendo-se massas diferentes de água, em dois recipientes e no mesmo tipo de chama, supondo estar sendo fornecida a mesma quantidade de calor para as duas amostras os alunos fizeram o registro da variação da temperatura das amostras. A seguir solicitou-se que os mesmos calculassem o valor da razão entre a quantidade de calor utilizada para aquecer a amostra e a variação de temperatura. Solicitou-se que os discentes trabalhassem as unidades de medida do cálculo realizado, mostrando o conceito de capacidade térmica. Posteriormente, através de exposição no quadro tomou-se o valor obtido pelos estudantes, para cada amostra e, este foi dividido pela massa utilizada em cada amostra, determinando o calor específico das duas amostras, permitindo que os estudantes visualizassem que o valor encontrado era o mesmo.

QUESTÕES EXPLORATÓRIAS: (realizadas em dupla)

1)Baseando-se nos dados obtidos experimentalmente, como você define a capacidade térmica?

2)Como esta grandeza varia com a temperatura?

3)Como poderia ser determinada a quantidade de calor, se forem fornecidas a capacidade térmica e a variação de temperatura desejada?

4)Qual a unidade de medida você obteve para a capacidade térmica?

5)O que é calor específico? Mostre a unidade de medida do mesmo.

6)Você verificou que para a água líquida, o calor específico deu o mesmo valor? Poder-se-ia afirmar que no estado sólido este valor seria mantido? Justifique.

6)Você saberia explicar as brisas marítimas utilizando conceito de densidade e as diferenças de calor específico da areia e da água?

Atividade 2- EQUAÇÃO DA CALORIMETRIA

OBJETIVO: Observar a quantidade de calor absorvida por um sistema, quando submetido a um aquecimento.

RECURSOS: Fogareiro, becker, água, termômetro, balança.

DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE: Medindo-se a massa de determinada quantidade de água e sua temperatura inicial, a mesma foi colocada para aquecer até iniciar a ebulição. Medindo a temperatura final da amostra solicitou-se dos alunos que em dupla desenvolvessem as questões a seguir.

QUESTÕES EXPLORATÓRIAS:

- 1) Porque a temperatura variou?
- 2) Utilizando a equação $Q = m \cdot c \cdot \Delta t$, calcule quanto de calor que a água absorveu? Utilize as unidades para fazer a conta.
- 3) O que ocorreria com a temperatura se fosse utilizada o dobro da massa de água, aquecida pelo mesmo tempo, na mesma chama? Justifique.
- 4) O que ocorreria com a quantidade de calor absorvido, se fosse aquecida a mesma massa da realização experimental, utilizando a mesma chama pelo mesmo tempo, porém uma substância de menor calor específico? E de maior calor específico?
- 5) O que ocorreria se deixássemos na mesma chama, esta mesma massa, pelo dobro do tempo?
- 6) Pode-se concluir que os fatores que interferem na variação de temperatura de um corpo são...
- 7) Como se relacionam as grandezas massa, variação de temperatura, calor específico com a quantidade de calor?

APÊNDICE L – AULA 04- CALORIMETRIA – APLICAÇÃO PRÁTICA DOS CONCEITOS DE CALORIMETRIA:USO DO EBULIDOR.

OBJETIVO: Possibilitar verificação da Física aplicada ao funcionamento de equipamentos tecnológicos.

RECURSOS: Água, ebulidor, termômetro, cronômetro, fogareiro.

DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE: Inicialmente foram retomados os conceitos de capacidade térmica, calor específico, potência e a equação da calorimetria. Em seguida permitiu-se que os alunos manuseassem o ebulidor para descobrir a potência do mesmo. Fornecendo-se determinada massa de água, o calor específico da mesma, sua temperatura inicial, pediu-se aos alunos que registrassem o tempo que levaria até que iniciasse a ebulição da água. Em seguida pediu-se que, utilizando-se da equação da calorimetria e da equação de potência, determinassem esse mesmo tempo realizando as operações necessárias. Posteriormente solicitou-se que os estudantes comparassem o tempo medido no cronômetro e o tempo determinado através das operações e discutissem os resultados encontrados e possíveis erros. Solicitou-se também que visualizassem em seu cotidiano outro equipamento de função correlata.

QUESTÕES EXPLORATÓRIAS:

Massa de água: 1000 gramas

Calor específico da água: 1 cal/ g °C

Temperatura inicial: _____

Temperatura final: _____

Tempo de aquecimento: _____

Potência do ebulidor: _____

1) Determine por quanto tempo deverá ser aquecida a água até que inicie a ebulição da mesma. Use as equações da calorimetria e de potência para chegar ao resultado. Represente todas as unidades de medida durante a realização das operações.

2) Discuta os resultados encontrados: no cronômetro e através da realização das operações. Justifique as possíveis diferenças.

3) Quem transferiu calor para a água?

4) Que forma de conversão de energia pode ser verificada neste caso?

5) Que outro equipamento tecnológico você conhece, que desempenha a mesma função? Se conhecer sabe dizer como ele funciona?

APÊNDICE M – AULA 05- CALORIMETRIA – SOMATÓRIO DAS TROCAS DE CALOR

OBJETIVO: Observar a igualdade das trocas de calor entre duas substâncias, bem como a temperatura de equilíbrio térmico.

RECURSOS: água, termômetro, calorímetro, fogareiro.

DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE: Mediram-se duas massas de água diferentes. Mediu-se a temperatura de uma delas, colocou-se no calorímetro e após aguardar o tempo de equilíbrio térmico registrou-se a temperatura inicial. Aqueceu-se a segunda massa de água, registrou-se a temperatura da mesma e a despejou no calorímetro. Após aguardar o tempo de equilíbrio térmico observou-se o valor encontrado para a temperatura. Pediu-se aos estudantes que, de posse do calor específico da água e dos valores de massa e temperaturas iniciais de cada amostra, encontrassem uma forma de determinar a temperatura final, de equilíbrio térmico, usando os conhecimentos de calorimetria. A seguir solicitou-se que comparassem o valor encontrado com o valor registrado pelo termômetro e discutissem os resultados e possíveis diferenças.

QUESTÕES EXPLORATÓRIAS: (orais e escritas)

Amostra 01

Massa : _____

Temperatura inicial: _____

Calor específico: 1 cal/g ° C

Amostra 02

Massa: _____

Temperatura inicial: _____

Calor específico: 1 cal/g ° C

1) Supondo que todo calor perdido pela água quente tenha sido absorvido pela água fria, determine a temperatura final (tf) da mistura, depois de atingido o equilíbrio térmico. Compare o valor experimental com o resultado encontrado através de suas operações e escreva uma argumentação para possíveis diferenças. Registre as unidades de medida durante a realização das operações.

2) Que conclusões são possíveis retirar desta experiência?

3) O funcionamento do calorímetro justifica o funcionamento da garrafa térmica? Existe alguma relação entre o que se estuda em Física e a construção e funcionamento dos equipamentos? Justifique.

APENDICE N – TESTE FINAL SOBRE O ENSINO DE CALORIMETRIA

Chegamos ao final de nossos trabalhos. Obrigada a todos que contribuíram da melhor maneira possível. Gostaria de saber um pouco mais de sua opinião em relação aos trabalhos realizados.

1) Antes da pesquisa você considerava disciplina Física:

muito importante pouco importante nada importante

Por quê?

2) Depois da pesquisa você considera a disciplina Física

muito importante pouco importante nada importante

Por quê?

3) O fato de utilizar metodologias diversificadas para trabalhar os conceitos facilitou seu entendimento?

Sim Não

Explique _____

4) Você acha que as atividades desenvolvidas favorecem a compreensão dos conceitos de Física de maneira mais significativa e crítica?

Sim Não

Se _____ sim,
porque? _____

5) Você seria capaz de explicar aplicações cotidianas dos conceitos estudados em calorimetria? Quais?