

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

André Luís de Almeida Silva

**UMA PROPOSTA PARA APRENDIZAGEM DE CALORIMETRIA
UTILIZANDO A PLATAFORMA ARDUINO EM UMA SEQUÊNCIA
DIDÁTICA DIVERSIFICADA**

Juiz de Fora
2019

André Luís de Almeida Silva

**UMA PROPOSTA PARA APRENDIZAGEM DE CALORIMETRIA
UTILIZANDO A PLATAFORMA ARDUINO EM UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA
DIVERSIFICADA**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 24 - UFJF/IF-Sudeste-MG, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:

Prof. Dr. Alysson Miranda Freitas

Coorientador:

Prof. Dr. Wilson de Souza Mello

Juiz de Fora
2019

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Silva, André Luís de Almeida.

UMA PROPOSTA PARA APRENDIZAGEM DE CALORIMETRIA UTILIZANDO A PLATAFORMA ARDUINO EM UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA DIVERSIFICADA / André Luís de Almeida Silva. -- 2019. 99 f.

Orientador: Alysson Miranda de Freitas

Coorientador: Wilson de Souza Melo

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais, Instituto de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2019.

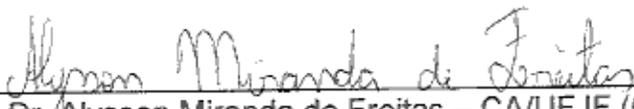
1. Ensino de Física. 2. Aprendizagem Significativa. 3. Termodinâmica. 4. Arduino. I. Freitas, Alysson Miranda de, orient. II. Melo, Wilson de Souza, coorient. III. Título.

ANDRÉ LUÍS DE ALMEIDA SILVA

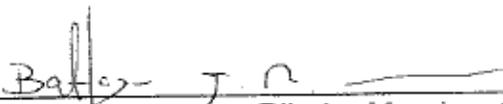
UMA PROPOSTA PARA APRENDIZAGEM DE CALORIMETRIA
UTILIZANDO A PLATAFORMA ARDUINO EM UMA SEQUÊNCIA
DIDÁTICA DIVERSIFICADA

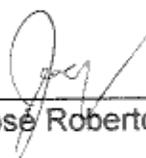
Dissertação submetida ao Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – Polo 24: Universidade Federal de Juiz de Fora e Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em 09 de setembro de 2019 por:


Prof. Dr. Alysson Miranda de Freitas – CA/UFJF (Orientador)


Prof. Dr. Wilson de Souza Melo – UFJF (Coorientador)


Prof. Dr. Baltazar Jonas Ribeiro Moraes – CEFET-MG


Prof. Dr. José Roberto Tagliati – UFJF

Juiz de Fora, MG
Setembro de 2019

Dedicatória

Dedico este trabalho a Deus, que se mostrou criador, que foi criativo. Seu fôlego de vida em mim me foi sustento e me deu coragem para enfrentar todas as adversidades encontradas nesta caminhada e me deu sabedoria para poder questionar realidades e propor sempre um novo mundo de possibilidades.

À minha família, minha esposa Beatriz, por sua capacidade de acreditar em mim e seu amor sem fim. Ao meu filho Marcos pelo apoio e incentivo incessante. A minha mãe Célia, seu cuidado e dedicação foi que deram, em alguns momentos, a esperança para seguir.

Ao Professor Wilson, com quem partilhei o que era o broto daquilo que veio a ser esse trabalho. Nossas conversas durante as manhãs de sexta no ICE e para além dos grupos de estudos foram fundamentais.

E o que dizer a você professor, amigo e orientador Alysson? Obrigada pela paciência, pelo incentivo, pela força e principalmente pelo carinho. Valeu a pena toda correria, todo sofrimento, todos imprevistos, todas as renúncias. Valeu a pena esperar, hoje estamos colhendo, juntos, os frutos do nosso empenho! Esta vitória é muito mais sua do que minha!

A todos os amigos do mestrado, parceiros que compartilharam juntos as aulas do excelente corpo docente que nos ensinaram com dedicação.

A todos os professores do Mestrado, que foram tão importantes na minha vida acadêmica e no desenvolvimento desta dissertação.

Agradecimentos

Tenho muito a agradecer nesta fase da minha vida que é muito especial e não posso deixar de agradecer a Deus por toda força, ânimo e coragem que me ofereceu para ter alcançado minha meta. A todos os amigos do Mestrado quero deixar uma palavra de gratidão e por terem me recebido de braços abertos e com todas as condições que me proporcionaram dias de aprendizagem muito ricos. Aos professores reconheço um esforço gigante com muita paciência e sabedoria. Foram eles que me deram recursos e ferramentas para evoluir um pouco mais todos os dias. É claro que não posso esquecer da minha família e amigos, porque foram eles que me incentivaram e inspiraram através de gestos e palavras a superar todas as dificuldades. A todas as pessoas que de uma alguma forma me ajudaram a acreditar em mim eu quero deixar um agradecimento eterno, porque sem elas não teria sido possível. Agradeço também a CAPES pelo auxílio monetário, que possibilitou a minha permanência no programa, a FAPEMIG pelos materiais utilizados na pesquisa educacional, ao MNPEF junto à Sociedade Brasileira de Física pelo excelente programa que qualifica e prepara os professores adequadamente ao IF sudeste de minas e a UFJF pela maestria na qual executam este programa de pós-graduação.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – código de financiamento 001.

RESUMO

A grande dificuldade dos alunos na compreensão do tema calor ocorre, em grande parte, pela enorme escassez nos meios digitais e nos livros de física de experimentos que ajudem os alunos a construir este conceito significativamente, utilizando os seus conhecimentos pré-adquiridos. Neste trabalho, desenvolvemos um produto experimental, de baixo custo e totalmente aplicável no contexto da realidade educacional atual, associado a uma sequência didática com a qual os alunos terão a possibilidade de desenvolver várias habilidades que o ajudarão não só na construção de um conceito sólido sobre calor, mas também com aqueles conhecimentos e valores que têm potencial para aumentar a capacidade dos jovens de interferir criativamente no mundo. Utilizamos uma placa Arduino Uno R3 e desenvolvemos seis arranjos experimentais com os quais os alunos podem construir conceitos como capacidade térmica, calor específico, quantidade de calor sensível e calor latente, troca de calor e equilíbrio térmico. Nossa sequência didática é baseada na teoria de Ausubel da aprendizagem significativa e a interação do aluno com as atividades experimentais ocorre em uma perspectiva investigativa na qual através da manipulação do experimento o aluno obtém suas conclusões e constrói os conceitos físicos envolvidos de forma significativa. Para mensurar o patamar de conhecimento adquirido por cada aluno antes e após aplicação de nosso produto, utilizamos a taxionomia de objetivos educacionais de Benjamin S. Bloom. Isto nos possibilitou um recurso sistemático para desenvolver a sequência didática e aferir o conhecimento adquirido pelo aluno. Os resultados obtidos com a aplicação da sequência didática foram satisfatórios. Acreditamos que as atividades lúdicas e investigativas que compõe a sequência estão entre os principais fatores que proporcionaram o grande engajamento dos alunos, tornando as aulas mais atrativas e dinâmicas, possibilitando o abandono da narrativa pelo professor. Realizamos uma comparação do rendimento obtido pelos alunos, no mesmo conteúdo, ministrado no ano anterior com a metodologia tradicional e percebemos que com nossa proposta houve um maior aproveitamento. Portanto, concluímos que a aplicação desta sequência didática, composta de atividades lúdicas, interativas e experimentais, possibilita ao aluno alcançar patamares mais elevados em seu processo cognitivo.

Palavras-chaves: Ensino de Física. Aprendizagem Significativa. Arduido. Termodinâmica.

ABSTRACT

The biggest difficulty that students have in understanding the theme of heat is largely due to the enormous shortage in digital media and in experimental physics books whose help students construct this concept significantly using their pre-acquired knowledge. At this work, we developed an experimental product, low cost and fully applicable in the context of the current educational reality, associated with a didactic sequence with which students will be able to developing various skills, that will help their not only in building a solid concept about heat, but also with those knowledge and values that have the potential to enhance young people's ability to creatively interfere in the world. We used an Arduino Uno R3 board and developed six experimental arrangements with which students can construct concepts such as thermal capacity, specific heat, amount of sensible heat and latent heat, heat exchange, and thermal equilibrium. Our didactic sequence is based on Ausubel's theory of meaningful learning and the students' interaction with experimental activities occurs in a research perspective in which through the manipulation of the experiment, the student obtains his conclusions and constructs the involved physical concepts in a significant way. To measure the level of knowledge acquired by each student before and after application of our product, we use Benjamin S. Bloom's educational objectives taxonomy. This allowed us a systematic resource to develop the didactic sequence and gauge the knowledge acquired by the student. The results obtained with the application of the didactic sequence were satisfactory. We believe that the playful and investigative activities that make up the sequence are among the main factors that provided the great engagement of the students, making the classes more attractive and dynamic, enabling the teacher to abandon the narrative. We did a comparison of the income obtained by the students, in the same content, given in the previous year with the traditional methodology and we noticed that with our proposal there was a significant increase. Therefore, we conclude that the application of this didactic sequence, composed of playful, interactive and experimental activities, allows the student to reach higher levels in his cognitive process.

Keywords: Physics Teaching, Significant Learning, Arduino, Thermodynamics.

Sumário

Capítulo 1 Introdução	9
1.1 Problematização da Pesquisa.....	9
1.2 Objetivos Gerais.....	11
1.3 Objetivos Específicos	11
Capítulo 2 Calor e Temperatura	13
2.1 Um pouco de historia	13
2.2 Diferenças entre energia térmica, calor e temperatura	16
2.3 Temperatura.....	18
2.3.1 Lei zero da termodinâmica.....	18
2.3.2 Escalas termométricas.....	19
2.4 Quantidade de calor.....	23
2.5 Capacidade térmica (capacidade calorífica)	24
2.6 Calor específico.....	25
2.7 Processos de Transferência de Calor	26
2.7.1 Condução	26
2.7.2 Convecção.....	27
2.7.3 Radiação.....	29
Capítulo 3 Referencial Teórico Educacional.....	31
3.1 Aprendizagem significativa de David Ausubel	31
3.2 Taxonomia dos Objetivos Educacionais de Benjamin Bloom	34
3.2.1 A Dimensão do Conhecimento	37
3.2.2 A Dimensão do processo Cognitivo	38
Capítulo 4 Metodologia.....	41
4.1 O Produto Experimental.....	41
4.1.1 Montagem do protótipo e programação	43
4.1.2 Objetivos Educacionais.....	46
4.2 A Sequência Didática.....	48
4.2.1 Descrição das aulas da sequência.....	49
Capítulo 5 Aplicação da Sequência Didática	53
5.1 – Descrição da sequência didática.....	53
5.1.1 – Aula 1: Levantamento dos subsunçores para alinhamento dos objetivos educacionais.....	54
5.1.2 – Aula 2: Contexto Histórico e Atual	56
5.1.3 – Aula 3: Medindo a temperatura de diversos materiais	58

5.1.4 – Aula 4: Fenômenos relacionados com o calor	60
5.1.5 - Aula 5: Simulação computacional.....	64
5.1.6 – Aula 6: Equilíbrio Térmico e Transferência de Calor.....	66
5.1.7 – Aula 7: Avaliação Lúdica Quantitativa e Qualitativa.....	69
Capítulo 6 Análise dos Resultados.....	72
Capítulo 7 Considerações Finais.....	77
Referências	79
Apêndice I - Folha de coleta de dados	81
Apêndice II - Exercícios Quantitativos.....	82
Apêndice III – Roteiro do Experimento.....	83
Apêndice IV - Perguntas utilizadas nas fichas do jogo didático.....	84
Apêndice V – Cartão de Pergunta do jogo didático.....	90
Apêndice VI – Cartão de resposta do jogo didático.....	91
Apêndice VII – Folhas de coleta de subsunçores.....	92
Anexo I A Plataforma Arduino	96

Capítulo 1

Introdução

1.1 Problematização da Pesquisa

É claro e notório que o ensino aplicado nas escolas necessita ser melhorado de forma significativa. Em nosso país esse desafio é ainda maior uma vez que os problemas enfrentados pelos educadores passam por fatos facilmente constatados nas escolas de ensino médio. Observamos a falta de recursos didáticos, de laboratórios e enorme escassez nos meios digitais e nos livros de física, de experimentos que ajudem os alunos a construir um conceito significativo sobre as ciências utilizando os seus conhecimentos pré adquiridos; no Brasil isso é uma realidade ainda distante. A física é “odiada” pela maioria dos alunos, pois as aulas expositivas e os exercícios de aplicações de modelos matemáticos com memorização de fórmulas são marcas desse desinteresse. Com esta realidade, temos muito poucos estudantes deslumbrados com a Física e pouquíssimos professores que conseguem motivar os seus alunos. Esse panorama nos leva a considerar que este ensino convencional de Física desenvolvido no ensino médio tem suas bases num modelo de ensino arcaico e tradicional. Sem considerar as mudanças sofridas pela sociedade e pelos indivíduos, sem levar em conta principalmente os avanços tecnológicos educacionais, a maioria dos professores parece não estar atentos para as mudanças necessárias nas estratégias de ensino. Vemos que esse modelo de ensino não atende ao novo cenário educacional nem os anseios dos estudantes no que se refere ao ensino de Física. Tal fato pode ser constatado pelas dificuldades apresentadas pelos alunos ao tentarem desenvolver com êxito seus estudos no ensino médio, depara-se como fracasso representado pelos baixos rendimentos qualitativos do dia a dia e nos rendimentos quantitativos apresentados nas provas e nas atividades avaliativas, assim não demonstrando a aprendizagem necessária no processo de formação científica e muito menos demonstrando uma aprendizagem significativa.

Não se trata de apresentar ao jovem a Física para que ele simplesmente seja informado de sua existência, mas para que esse conhecimento transforme-se em uma ferramenta a mais em suas formas de pensar e agir. (BRASIL, 2002, p.)

As técnicas produtivas atuais, em todos os setores da economia, envolvem o uso de uma grande diversidade de equipamentos tecnológicos, de rotinas de trabalhos e de tarefas complexas. Alguns conhecimentos e habilidades desenvolvidos através do ensino de Física contribuem para diminuir o tempo de aprendizado de novas tarefas e rotinas em ambientes mais complexos de trabalho. Por exemplo, as atividades práticas no ensino de Física podem contribuir para o desenvolvimento das habilidades de manuseio de instrumentos e de aparelhos, para a realização de medidas complexas, para a capacidade de seguir instruções sofisticadas na realização de tarefas e para a capacidade de aprender a partir de manuais técnicos. Pode, também, ensinar o jovem a ler e interpretar informações apresentadas na forma de tabelas e gráficos, que são formas usuais de comunicação na Física.

A Física deve apresentar-se, portanto, como um conjunto de competências específicas que permitam perceber e lidar com os fenômenos naturais e tecnológicos, presentes tanto no cotidiano mais imediato quanto na compreensão do universo distante, a partir de princípios, leis e modelos por ela construídos. (BRASIL, 2002, p.)

Para atendermos os parâmetros curriculares nacionais de ciências da natureza, matemática e suas tecnologias, criamos um produto experimental e uma sequência didática, utilizando a tecnologia da placa Arduino, para que o aluno consiga construir uma aprendizagem significativa sobre o tema calor. A motivação partiu da observação diária na prática da docência no ensino de física por vários anos. Podemos constatar, analisando os 2º anos das escolas públicas, a grande dificuldade dos alunos na compreensão, em especial do tema calor. Isto ocorre em quase todos os conteúdos da física por temos uma enorme escassez nos meios digitais e nos livros de física de experimentos que ajudem os alunos a construir este conceito significativamente, utilizando os seus conhecimentos pré adquiridos.

Observamos e mensuramos o patamar de conhecimento adquirido por cada aluno antes e após aplicação de nosso produto, utilizando a taxionomia de objetivos educacionais de Benjamin S, Bloom. Isto nos possibilitou um recurso sistemático para determinar o alcance do aprendizado de cada aluno. A ideia central da taxonomia é a de que os objetivos educacionais podem ser arranjados numa hierarquia do mais simples (conhecimento) para o mais complexo (avaliação). Assim trabalhamos com as estruturas cognitivas, o que significa,

portanto, uma estrutura hierárquica de conceitos que são representações de experiências sensoriais do indivíduo.

Utilizamos a teoria de Ausubel da aprendizagem significativa que é um processo por meio do qual uma nova informação relaciona-se com um aspecto especificamente relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo. Este processo envolve a interação da nova informação com uma estrutura de conhecimento específica a qual define-se como conceito subsunçor, ou simplesmente subsunçor, existente na estrutura cognitiva do indivíduo. A aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação se ancora em conceitos ou proposições relevantes, preexistentes nas estruturas cognitivas do aprendiz.

1.2 Objetivos Gerais

Desenvolver e aplicar como produto educacional uma sequência didática utilizando a plataforma Arduino, com atividades diversificadas capaz de auxiliar no processo de ensino e aprendizagem voltado para a compreensão mais efetiva dos conhecimentos básicos de calorimetria, facilitando a compreensão e utilização da grandeza denominada calor.

1.3 Objetivos Específicos

- Elaborar uma sequência didática, cujo tema central é a “Calorimetria”, que permita desenvolver os conteúdos levando em consideração os conhecimentos prévios dos alunos;
- aplicar e analisar a sequência didática em quatro turmas de 2º ano do ensino médio em duas escolas da rede pública estadual de ensino;
- despertar nos alunos a motivação e o engajamento necessário para a aprendizagem do conteúdo;
- estimular a participação efetiva dos alunos em seu processo de ensino aprendizagem;

- desenvolver nos alunos a capacidade de observar aplicações da calorimetria no seu cotidiano;
- tornar o aluno protagonista no processo de ensino aprendizagem;
- implementar experimentos de calorimetria com a plataforma Arduino.

Capítulo 2

Calor e Temperatura

Se alguma coisa dá a impressão de não ter nada a ver com a ideia de calor é só impressão. Não há nada, na natureza ou nas técnicas atuais, que não tenha a ver com o calor. Todas as coisas recebem e cedem calor o tempo todo. Quando essa troca é equilibrada, se diz que elas estão em equilíbrio térmico. Quando cedem mais do que recebem, ou vice-versa, é porque estão mais quentes ou mais frios que seu ambiente. Por isso é um fenômeno físico de grande relevância, merecendo um tratamento adequado nas redes de ensino de nosso país.

2.1 Um pouco de historia

Sabemos que o fogo sempre esteve presente na vida do homem, despertando medo, respeito e adoração. Há evidências de sua utilização, de modo voluntário, a partir do “Homem de Neanderthal”, cerca de 300.000 mil anos atrás. Ele era produzido, provavelmente, por atrito entre galhos ou por atrito entre pedras cujas faíscas provocadas incendiavam palhas secas. A partir dessa época, não se conhece nenhuma sociedade que tenha vivido sem a habilidade de manuseá-lo. Dessa forma, não teria conseguido confeccionar diversos tipos de ferramentas, armaduras, armas brancas e instrumentos agrícolas. Ou seja, o desenvolvimento da tecnologia – e conseqüentemente das cidades – não teria acontecido se o homem não tivesse controlado o fogo. A civilização moderna não existiria do modo que a conhecemos (HAWKES, 1963). O homem sempre colocou o fogo em lugar de destaque em suas representações sobre a natureza. Em várias culturas encontramos lendas e mitos em que ele está presente.

Os gregos antigos foram os primeiros a se preocuparem com uma explicação sobre o fogo. O filósofo Platão (c.428-c.348) em seu livro Timaeus acreditava que o fogo heraclitano tinha uma forma tetraédrica. Já os filósofos atomistas Demócrito de Abdera (c.470-c.380) e Leucipo de Mileto (c.460-c.370) admitiam que o átomo de fogo era esférico. Já para o filósofo Aristóteles de Estagira (384-322), os elementos essenciais do Universo seriam: frio (tò

psychrón), quente (tò thermón), úmido (tò hydrón) e seco (tò xerón), sendo o fogo resultado da mistura entre o quente e o seco. (BASSALO, 1992, p. 910).

A presença ou ausência do fogo, fez o homem pensar sobre os processos de aquecimento e de resfriamento. Assim, foram construídos vários dispositivos de característica lúdica, conhecidos como “termoscópios”, que mostravam a relação existente entre o aquecimento e a expansão de um fluido, geralmente o ar ou a água, mas sem ainda uma escala de medida.

A partir desse ressurgimento do termoscópio com Galileu, novos aperfeiçoamentos foram introduzidos. O médico italiano Santorio Santorio (1561-1636), que era professor de medicina na Universidade de Pádua e colega de Galileu, aplicou o termoscópio para detectar a febre em seus pacientes. Reconhecendo a necessidade de pontos de medida no aparelho, registrou o nível que a coluna de água do tubo atingia quando em contato com o gelo fundido e com a chama de uma vela; em seguida dividiu o intervalo em 110 partes iguais. O italiano Fernando II de Toscana (1610-1670), por volta de 1644, teve a ideia de construir um termômetro com as extremidades hermeticamente fechadas e utilizou o álcool como substância termométrica.

[...] bem como a construção de novos tipos de termômetros continuaram no século XVIII. Por exemplo, em 1772, o suíço Jean-André Deluc (1727-1817), registrou em seu livro *Recherches sur les Modifications de atmosphère*, cerca de 60 escalas; porém, dessas, somente as escalas Fahrenheit, Réamur e Celsius sobreviveram até o nosso século [...] (BASSALO, 1992, p. 856).

Assim transcrevemos o texto do (CBEF,2012). O aperfeiçoamento do termômetro possibilitou a diferenciação entre os conceitos de temperatura e calor por Joseph Black (1728-1799), fazendo as suas principais descobertas sobre a natureza do calor entre os anos de 1759 e 1762. Até JoshBlack fazer suas descobertas, não havia distinção clara na mente das pessoas entre os conceitos de "quantidade de calor" e "grau de aquecimento", ou "temperatura". A ideia qualitativa de "calor" como "alguma coisa" relacionada com fenômenos térmicos.

Em setembro de 1777, Lavoisier apresenta em um artigo, uma discussão detalhada de sua teoria de calor, que foi enviado à “Académie Royale des Sciences” francesa e lido em julho de 1778, com o seguinte título: “De la combinaison de la matière du feu avec les fluides évaporables, et de la formation

des fluides élastiques aëriiformes”, já em 1787, no “Méthode de nomenclature chimique”, em que ele foi um dos autores juntamente com Louis Bernard Guyton de Morveau (1737-1816), Jean-Henri Hassenfratz (1755-1827), Antoine-François Fourcroy (1755-1809), Pierre-Auguste Adet (1767-1848) e Claude Louis Berthollet (1748-1822), aparece a palavra “calorique”. Em suma esses pesquisadores postularam as seguintes propriedades para o calórico:

I – É uma substância material, um fluido elástico, constituído por partículas que se repelem fortemente;

II – suas partículas são atraídas pelas partículas da matéria comum com intensidade diferente para cada substância e estado de agregação;

III – pode ser sensível, espalhando-se pelos espaços vazios das substâncias até formar, por meio da atração que existe entre suas partículas e as da matéria ordinária, uma espécie de “atmosfera” ao redor dessas últimas. A temperatura de um corpo é diretamente proporcional à quantidade de calórico sensível que possui;

IV – pode ser latente, combinando-se com as partículas da matéria comum de forma semelhante ao que ocorre com as combinações químicas, ao contrário da justaposição que acontece com o calórico sensível;

V – não pode ser criado ou destruído;

VI – têm um peso desprezível.

Naquela época, entre os principais opositores ao conceito de calor como substância, sem dúvida nenhuma, o nome mais lembrado é o do Conde Rumford que ao trabalhar na perfuração de canhões na Baviera, Conde Rumford teve a intuição sobre a natureza dinâmica do calor, a sua mais famosa contribuição à ciência. Sendo que a intenção de Rumford, era investir contra a teoria do calórico em seus pontos mais frágeis, ele entrou no debate sobre a questão do peso dessa substância, ou seja, que o calor não tem qualquer efeito sobre os pesos dos corpos. Os seus experimentos mais famosos foram sobre o aquecimento dos canhões quando perfurados, ele relatou os seus achados em um artigo intitulado "An inquiry concerning the source of heat which is excited by friction".

Apesar de não haver uma unanimidade quanto aos fatores primordiais que abalaram a teoria do calórico, os pesquisadores concordam que o advento da conservação da energia, substituindo a conservação do calórico, deu o golpe

final. Outro fator de grande importância pode ter sido o cálculo do equivalente mecânico do calor realizado por Mayer e Joule. O conceito de energia, que foi se consolidando a partir do fim da década de 1840, finalmente pôde servir como instrumento de ligação entre a mecânica e a termodinâmica. Os resultados encontrados não foram uma virada brusca para nossa teoria moderna vibracional, mas um período de agnosticismo largamente reconhecido no que diz respeito à natureza do calor, um período que se prolongou até a teoria do calórico ser finalmente abandonada por volta de 1850.

2.2 Diferenças entre energia térmica, calor e temperatura

Temos na Termodinâmica, uma área da Física Clássica, que o estudo das interações entre moléculas, átomos e partículas subatômicas nos permite compreender o derretimento de geleiras, o funcionamento de máquinas a vapor, o aparecimento de rachaduras por causa da variação térmica, o funcionamento do motor de carros e motos, a troca de calor entre corpos, entre outras situações presentes ou não em nosso cotidiano. Dessa forma, o entendimento do mundo microscópico é importante para a análise de fenômenos macroscópicos.

Observando as figuras 1 e 2, vemos que as retratam um fato que nas últimas duas décadas tem acontecido cada vez com maior frequência: a redução significativa da área de gelo dos polos devido o desprendimento de gigantescas placas de gelo das geleiras em decorrência do derretimento ocasionado pelo aquecimento global. Esse problema surge como reflexo, principalmente, da ação humana na natureza. Por isso, sustentabilidade tornou-se a palavra de ordem daqueles que defendem uma relação mais harmoniosa entre o ser humano e o planeta que o abriga. Durante as discussões a respeito das causas, consequências e propostas de soluções desse problema e outras questões ambientais, são recorrentes os conceitos da Termologia: temperatura, calor, energia e dilatação térmicas.

Figura 1: (a) área de degelo no Ártico; (b) Descolamento de placas de gelo

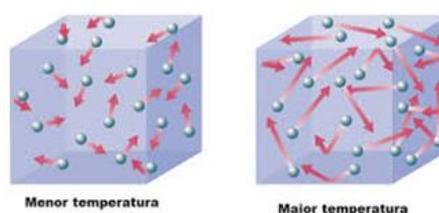


Fonte: (a) <https://www.alfaconnection.pro.br/derretimento-do-gelo-marinho-no-artico/>
 (b) <https://pt.wikipedia.org/wiki/Degelo>

Podemos utilizar a energia cinética como ponto de partida para a compreensão de diversos fenômenos térmicos. No mundo macroscópico, sabe-se que a energia cinética de um automóvel aumenta proporcionalmente ao quadrado da velocidade. Isso também vale para o mundo microscópico, em que o aumento de velocidade das partículas está associado ao aumento da energia térmica, à temperatura e, ainda, à quantidade de calor que um corpo troca com o ambiente a seu redor.

Se olharmos uma mesa, temos a impressão de que estamos diante de um corpo estático, porém, quando analisamos o comportamento das moléculas que a formam, percebemos que elas estão continuamente em movimento. A esse movimento damos o nome de agitação térmica. O grau de agitação térmica é a temperatura, que pode ser medida de forma indireta pelo instrumento termômetro. A temperatura do conteúdo dos recipientes ilustrados na figura (3) abaixo é diferente: o primeiro possui uma temperatura menor que o segundo.

Figura 2:



Fonte: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/calorimetria-i.htm>

A energia cinética associada à agitação térmica e chamada energia térmica, ela depende da velocidade de agitação, que é associada à temperatura, e da quantidade de partículas, portanto, também depende da massa. Se

colocarmos leite dentro de um recipiente e levamos tudo ao fogo, as partículas ficarão mais agitadas, apresentando uma quantidade de energia térmica maior, com aumento de temperatura. Entretanto, se colocarmos esta mesma vasilha em um congelador, teremos uma redução na agitação das partículas, por isso, haverá menos energia térmica, o que implica temperatura menor. Dessa forma, percebemos que a energia térmica pode transitar entre corpos. Chama-se calor a energia térmica em trânsito, assim denominada porque é trocada entre corpos. Se a transferência for espontânea, o fluxo de calor ocorrerá com a transferência de energia térmica do corpo com maior temperatura para o corpo com menor temperatura até que eles atinjam a mesma temperatura (valor intermediário entre as temperaturas iniciais dos corpos envolvidos).

2.3 Temperatura

2.3.1 Lei zero da termodinâmica

Para aferir se um corpo está em equilíbrio térmico com outro, basta aferir se eles estão em equilíbrio térmico com um terceiro. Isso é o que enuncia esta lei. Se um corpo A está em equilíbrio térmico com um corpo C, e este corpo B está em equilíbrio térmico com um corpo C, então os corpos A e B também estarão em equilíbrio térmico.

Figura 3: Equilíbrio térmico entre três corpos



Fonte: autoria própria

Em decorrência dessa lei, para verificar se dois corpos estão em equilíbrio, não é necessário colocá-los em contato direto. Basta observar se o equilíbrio acontece também com um terceiro corpo. Na prática, é muito comum que o terceiro corpo seja um termômetro. Assim, se ele medir a mesma temperatura nos dois outros corpos, é sinal de que eles estão em equilíbrio térmico (MÁXIMO; ALVARENGA, 2000)

Quando dois ou mais corpos cedem ou absorvem quantidades iguais de calor, a variação de temperatura por eles sofrida é, em geral, diferente uma da outra [...] (GASPAR, 2000, p. 310,)

2.3.2 Escalas termométricas

Sabemos que a temperatura corresponde ao grau de agitação do conjunto de partículas que constituem o corpo. Para se obter a temperatura, utilizamos um instrumento de medida apropriado, o termômetro. Existem uma grande variedade de termômetros em razão das diversas situações de monitoramento da temperatura. O termômetro necessita de graduações para permitir leituras das propriedades termométricas, sendo assim, no estudo de temperatura, o uso de escalas é fundamental. Para estruturar bem as escalas de temperaturas, estabelecem-se dois pontos fixos como referência, o ponto de fusão, denominado ponto do gelo, e o ponto de ebulição, denominado ponto do vapor. Dessa forma, podemos relacionar as mais variadas escalas de temperatura. São três as escalas de temperatura utilizadas com maior frequência: Celsius, Fahrenheit e Kelvin.

Inicialmente já se conheciam algumas propriedades termométricas, como a dilatação, ou seja, um corpo dilata à medida que é aquecido. Assim foram criados aparelhos para observar as variações das propriedades termométricas. No entanto, não eram feitas medidas quantitativas, pois não havia uma definição de escala. Com o desenvolvimento tecnológico houve a necessidade de se definir uma escala, e mais ainda uma escala padrão que unificasse as medidas de temperatura em qualquer lugar.

Uma escala termométrica é toda a sucessão ordenada de números, os quais através de uma lei de correspondência determinam em graus de temperatura, os diversos estados térmicos dispostos dos mais frios aos mais quentes. A escala termométrica é diferença entre um termoscópio e um termômetro.

Para definir uma escala termométrica é preciso primeiramente escolher dois pontos fixos fundamentais. Estes pontos fixos são geralmente convencionados como a temperatura da água no ponto de fusão e de ebulição, conforme mencionado no capítulo anterior. São atribuídos valores numéricos a

esses dois pontos e a partir daí obtêm-se dados numéricos de diferentes temperaturas medidas.

Outro passo é selecionar uma grandeza termométrica relacionada a uma propriedade termométrica. Esta propriedade está relacionada a “resposta” da substância da qual o termômetro é feito (ou a substância contida no termômetro) à variação de temperaturas que este material é submetido. Se a relação entre a propriedade e a temperatura é linear, o termômetro será mais preciso.

Deve-se possibilitar ao termômetro normal entrar em equilíbrio térmico com o corpo cuja temperatura T se quer conhecer e então T será calculado em função da grandeza termométrica X (podendo ser pressão, volume, resistência elétrica, etc). Com a escala definida a leitura poderá ser direta.

A equação termométrica mais simples que podemos ter é aquela que estabelece, por convenção, a dependência entre a temperatura T e a grandeza X é do 1º grau em X , ou seja, linear, como mostrado na equação abaixo:

$$T(X) = aX + b \quad (2.1.1)$$

em que a e b são constantes. Este comportamento linear ocorre em apenas algumas substâncias, por exemplo, na dilatação linear do termômetro de mercúrio. Em geral, a relação linear ocorre em intervalos de temperatura, daí alguns termômetros terem utilidade em intervalos definidos. Será visto que alguns termômetros possuirão propriedades termométricas não lineares com o aumento da temperatura, um deles é o termômetro de resistência elétrica de platina.

Assim, se forem T_g e T_v os valores da temperatura e X_g e X_v grandezas termométricas no ponto de gelo (equação (2.1.2)) e no ponto de vapor (equação (2.1.3)) respectivamente, conforme a equação (2.1.1) temos:

$$T_g(X) = aX_g + b \quad (2.1.2)$$

$$T_v(X) = aX_v + b \quad (2.1.3)$$

Subtraindo membro a membro essas equações vem:

$$a = \frac{T_v - T_g}{X_v - X_g} \quad (2.1.4)$$

E da equação (2.1.2) e equação (2.1.4) vem:

$$b = \frac{T_g X_v - T_v X_g}{X_v - X_g} \quad (2.1.5)$$

Finalmente das equações (2.1.1), (2.1.4) e (2.1.5) vem:

$$T = T_g + (T_v - T_g) \frac{X - X_g}{X_v - X_g} \quad (2.1.6)$$

Isto é, o valor de T como função de X, visto que são conhecidos os valores X_g e X_v da grandeza termométrica que correspondem a convencionais T_g e T_v .

Inicialmente devemos distinguir escalas absolutas e escalas relativas. Entenderemos por escala absoluta aquela cuja origem (valor zero) coincide com o zero absoluto de temperatura e por escala relativa aquela cuja origem não está sujeita a esta condição.

Daí a importante conclusão de que a temperatura absoluta é uma grandeza física ao passo que temperatura relativa vem a ser apenas um número que define um estado térmico, mas não é primitivamente uma grandeza física.

Representaremos por X_g e X_v os valores correspondentes da grandeza termométrica (volume aparente de um líquido) então conforme a equação (2.1.6), podemos escrever:

$$T_c = 0 + 100 \frac{X - X_g}{X_v - X_g}; T_F = 32 + 180 \frac{X - X_g}{X_v - X_g} \quad (2.1.7)$$

Onde T_c e T_F são respectivamente os números que representam a temperatura T em graus Celsius e Fahrenheit. Do conjunto (2.1.7), pode-se chegar a relação fundamental de conversão das leituras Celsius e Fahrenheit correspondentes a uma temperatura T genérica:

Assim:

$$\frac{T_c}{100} = \frac{X - X_g}{X_v - X_g}; \frac{T_F - 32}{180} = \frac{X - X_g}{X_v - X_g} \quad (2.1.8)$$

Igualando o conjunto de equações (2.1.8), obtemos a equivalência entre as escalas termométricas relativas:

A escala Celsius tem como unidade o °C, lê-se "grau Celsius". É aceita pelo Sistema Internacional (SI), embora se dê preferência à escala Kelvin. Quanto à grafia correta, vale a mesma regra utilizada para o grau Fahrenheit, de forma que seja mantido um espaço entre o número e a unidade: por exemplo, 36 °C. Essa escala, proposta em 1742 por Ander Celsius (1701-1744), como é

chamada de escala centígrada, um intervalo com cem divisões, em que o 0 °C corresponde ao ponto de fusão do gelo e 100 °C ao ponto de ebulição da água. A escala de Celsius é adotada em situações do dia a dia em vários países, entre eles o Brasil.

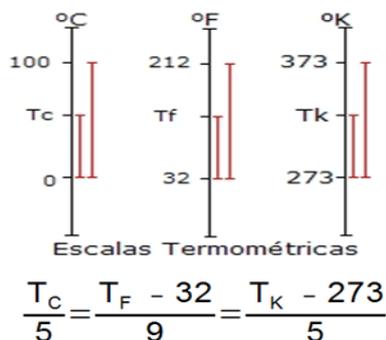
A escala Fahrenheit tem como unidade o °F lê-se "grau Fahrenheit". Não faz parte do SI. Da mesma forma que na escala Celsius, a grafia correta determina que haja um espaço entre o número e a unidade, por exemplo, 40 °F. Essa escala é utilizada nos Estados Unidos e em mais alguns países. Foi estabelecida com três pontos fixos arbitrados por Daniel Gabriel Fahrenheit (1686-1736), em 1724. Indica-se com 0 °F a temperatura obtida por uma mistura de gelo, água e sal de amoníaco; outro ponto é o da fusão da água, 32 °F, e o terceiro é a temperatura de uma pessoa saudável, 96 °F.

A medida de temperatura Kelvin é adotada pelo SI e sua unidade de medida é 0 K, lê-se "kelvin". Ela foi estabelecida por William Thomson (1824-1907), que recebeu da realeza inglesa o título de Barão Kelvin e, por isso, ficou conhecido pelo cognome Lorde Kelvin. Ele seguiu a variação da temperatura medida na escala Celsius. Assim, no intervalo fundamental, a escala Kelvin varia 100 unidades. Isso significa que variar a temperatura de um sistema em 1 K é o mesmo que variar 1 °C.

Avaliando as leis que regem a velocidade de agitação das partículas, pode-se verificar que não há um limite superior de temperatura, pois sempre é possível que um corpo absorva mais energia térmica do que já possui. No entanto, existe um limite inferior de temperatura. Sendo a temperatura a grandeza que mede o grau de agitação das partículas que compõem um sistema, pode-se inferir que, se for possível cessar completamente a agitação, o sistema terá alcançado, um limite inferior de temperatura que não poderá ser ultrapassado. William Thomson, realizando experiências com gás à pressão constante, pôde notar que a variação do volume para a maioria dos gases obedece a relação $1/273$ com a variação de 1 °C e, se reduzirmos esta temperatura para -273 °C, chegaremos ao teórico volume nulo. O cientista concluiu, então, que seria está a temperatura zero, também chamada zero absoluto.

Para facilitar a transformação entre as escalas mais usuais e a temperatura absoluta Kelvin, utilizamos a relação mostrada na figura (5)

Figura 4: Relação de mudança de escalas



Fonte: <https://www.infoescola.com/fisica/escalas-termometricas/>

2.4 Quantidade de calor

O corpo não possui calor, e, sim, energia interna. Quando parte dessa energia é trocada, ela está em trânsito e é chamada calor. As partículas que formam um corpo possuem energia cinética, energia potencial elétrica, energia potencial gravitacional, dentre outras. O somatório das energias de vibração das partículas de um corpo é chamado de energia interna. Isso significa que podemos entender a energia interna como a soma das energias de vibração das partículas de um corpo. Ao fornecermos energia térmica a um corpo, alteramos a sua temperatura ou a disposição das partículas, definindo duas situações distintas:

Calor sensível é a quantidade de calor envolvido no aquecimento ou resfriamento das substâncias e a consequência é a variação da temperatura. Esse calor que um corpo ganhou ou perdeu é denominado de calor sensível, pois ele provoca apenas variação na temperatura do corpo sem que aconteça mudança em seu estado de agregação, ou seja, se o corpo é sólido, continua sólido. Também chamado de calor específico, o calor sensível, determinado pela letra *c* (minúscula), é avaliado da seguinte forma: cal/g. °C. Essa relação informa a quantidade de calor que um grama de substância deve receber ou ceder para que nela aconteça a variação de um grau de temperatura. Essa é uma unidade prática, ou seja, a que é mais utilizada no dia a dia. Contudo, no Sistema Internacional de Unidades (SI), o calor específico pode ser dado de duas formas:

J/kg. K ou em J/kg. °C. A quantidade de calor sensível tem sua expressão (2.4.1), diretamente proporcional a massa (m), ao calor específico (c) e a variação de temperatura (ΔT).

$$c = \frac{Q}{m \Delta T} \quad \therefore \quad Q = m c \Delta T \quad (2.4.1)$$

Calor latente é a quantidade de calor envolvido na mudança de estado de agregação das partículas. Essa é a grandeza física que informa a quantidade de energia térmica (calor) que uma unidade de massa de uma substância deve perder ou receber para que ela mude de estado físico, ou seja, passe do estado sólido para o líquido, do líquido para o gasoso e assim por diante. Determinado pela letra L , o calor latente de uma substância é calculado por meio da razão entre a quantidade de calor (Q) que a substância deve receber ou ceder e a massa (m), ou seja, matematicamente, temos:

$$L = \frac{Q}{M} \quad \therefore \quad Q = m L \quad (2.4.2)$$

O calor latente pode ser positivo ou negativo. Quando positivo, indica que o material está recebendo calor; quando negativo, indica que está perdendo calor. No Sistema Internacional de Unidades, a unidade de calor latente é o joule por quilograma (J/Kg), mas, na prática, utiliza-se muito a caloria por grama (cal/g). Sua expressão (2.4.2) é diretamente proporcional ao produto entre a massa (m) e o latente de fusão ou variação (L).

2.5 Capacidade térmica (capacidade calorífica)

A capacidade térmica de um corpo é definida como a razão entre a quantidade de calor recebida por ele e a sua respectiva variação de temperatura. Quando fornecemos uma quantidade de calor a uma pequena placa metálica, notamos grande variação da temperatura, demonstrando que essa placa tem capacidade térmica baixa. Já ao fornecer a mesma quantidade de calor para um bloco de madeira, percebemos uma grande capacidade térmica, pois seu aquecimento será bem menor. Se medirmos a variação de temperatura T de um

determinado corpo ao fornecermos uma quantidade Q de calor, podemos calcular a razão $Q/\Delta T$ [...] (CABRAL; LAGO, 2002, p. 55)

A quantidade de calor, por se tratar de energia, tem como unidade o joule (J), no Sistema Internacional. Entretanto, a unidade caloria (cal) é frequentemente utilizada. Estabeleceu-se que 1 cal é a quantidade de calor que um grama de água precisa para variar sua temperatura de 14,5 °C para 15,5 °C. A relação entre caloria e joule é definida como o equivalente mecânico do calor, em que temos que $1\text{cal} = 4,186\text{J}$. Esta grandeza é dada pela razão entre a quantidade de calor Q pela sua respectiva variação de temperatura (ΔT), representada pela equação (2.5.1).

$$C = \frac{Q}{\Delta T} \quad (2.5.1)$$

O nome dessa grandeza (capacidade térmica) vem do seguinte fato: ela pode ser entendida como a medida da capacidade de receber ou perder calor que um corpo tem, para uma dada variação de temperatura [...] (RAMALHO JUNIOR, FERRARO; SOARES, 2007, p. 50)

2.6 Calor específico

Ao analisarmos a capacidade térmica independente da massa de um corpo, começaremos a avaliar outra grandeza física, o calor específico c . A razão que define a capacidade térmica nos mostra que o calor específico será apresentado como a quantidade de calor que um grama de determinada substância precisa receber para variar uma unidade de temperatura. Assim, percebemos que o calor específico depende da substância e não da massa. Portanto o calor específico (2.6.1) de um grama de água ou de 10 kg de água é o mesmo. Unidades do calor específico No Sistema Internacional, é $[c] = \text{J/kg} \cdot \text{K}$ e no sistema usual, é $[c] = \text{cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$. Se tivermos m gramas de uma substância pura de calor específico c , a quantidade de calor Q necessária para elevar sua temperatura de T [...] (NUSSENZVEIG, 2002, p. 170)

$$c = \frac{Q}{m \Delta T} \quad (2.6.1)$$

2.7 Processos de Transferência de Calor

A transferência de calor pode ser definida como a transferência de energia de uma região para outra como resultado de uma diferença de temperatura entre elas. Segundo (SERWAY,2005), é necessário o entendimento dos mecanismos físicos que permitem a transferência de calor de modo a poder quantificar a quantidade de energia transferida na unidade de tempo (taxa).

Os mecanismos são:

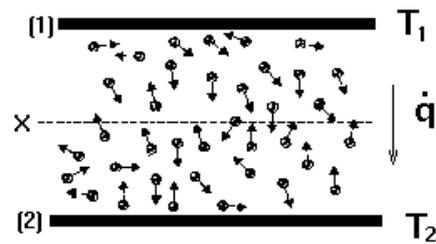
- Condução - depende somente de um ΔT
- Radiação - depende somente de um ΔT
- Convecção - depende de um ΔT e transporte de massa

2.7.1 Condução

A condução pode ser definida como o processo pelo qual a energia é transferida de uma região de alta temperatura para outra de temperatura mais baixa dentro de um meio (sólido, líquido ou gasoso) ou entre meios diferentes em contato direto. Este mecanismo pode ser visualizado como a transferência de energia de partículas mais energéticas para partículas menos energéticas de uma substância devido a interações entre elas.

O mecanismo da condução pode ser mais facilmente entendido considerando, como exemplo, um gás submetido a uma diferença de temperatura. A figura 5 mostra um gás entre duas placas a diferentes temperaturas:

Figura 5: Gás entre duas placas a diferentes temperaturas



Fonte: [https://www.ebah.com.br/introdução à transferência de calor](https://www.ebah.com.br/introdução%20à%20transferência%20de%20calor)

1. O gás ocupa o espaço entre 2 superfícies (1) e (2) mantidas a diferentes temperaturas de modo que $T_1 > T_2$ (o gás não tem movimento macroscópico);
2. Como altas temperaturas estão associadas com energias moleculares mais elevadas, as moléculas próximas à superfície são mais energéticas (movimentam-se mais rápido);
3. O plano hipotético X é constantemente atravessado por moléculas de cima e de baixo. Entretanto, as moléculas de cima estão associadas com mais energia que as de baixo.

➔ Portanto existe uma transferência líquida de energia de (1) para (2) por condução

Para os líquidos o processo é basicamente o mesmo, embora as moléculas estejam menos espaçadas e as interações sejam mais fortes e mais frequentes. Para os sólidos existem basicamente dois processos (ambos bastante complexos):

- sólido mau condutor de calor : ondas de vibração da estrutura cristalina
- sólido bom condutor de calor: movimento dos elétrons livres e vibração da estrutura cristalina.

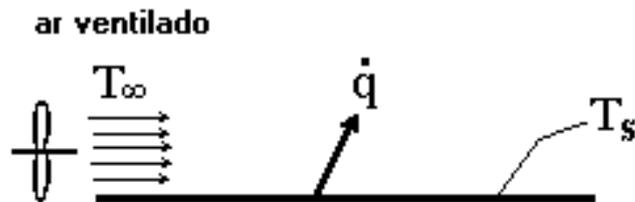
2.7.2 Convecção

A convecção pode ser definida como o processo pelo qual energia é transferida das porções quentes para as porções frias de um fluido através da

ação combinada de: condução de calor, armazenamento de energia e movimento de mistura.

O mecanismo da convecção pode ser mais facilmente entendido considerando, por exemplo, um circuito impresso (chip) sendo refrigerado (ar ventilado), como mostra a figura 6:

Figura 6: Convecção forçada



Fonte: [https://www.ebah.com.br/introdução à transferência de calor](https://www.ebah.com.br/introdução%20à%20transferência%20de%20calor)

1. A velocidade da camada de ar próxima à superfície é muito baixa em razão das forças viscosas (atrito).
2. Nesta região o calor é transferido por condução. Ocorre portanto um armazenamento de energia pelas partículas presentes nesta região.
3. Na medida que estas partículas passam para a região de alta velocidade, elas são carregadas pelo fluxo transferindo calor para as partículas mais frias.

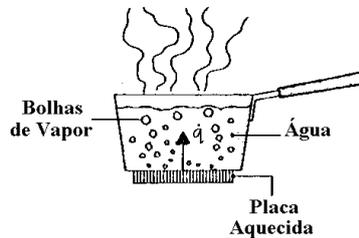
→ No caso acima dizemos que a convecção foi forçada, pois o movimento de mistura foi induzido por um agente externo, no caso um ventilador.

Suponhamos que o ventilador seja retirado. Neste caso, as partículas que estão próximas à superfície continuam recebendo calor por condução e armazenando a energia. Estas partículas que constituem o gás tem sua temperatura elevada e, portanto a densidade reduzida. Já que são mais leves elas sobem trocando calor com as partículas mais frias (e mais pesadas) que descem.

→ Neste caso dizemos que a convecção é natural (é óbvio que no primeiro caso a quantidade de calor transferido é maior).

Um exemplo bastante conhecido de convecção natural é o aquecimento de água em uma panela doméstica como mostrado na figura 7. Para este caso, o movimento das moléculas de água pode ser observado visualmente.

Figura 7: Convecção Natural



Fonte: [https://www.ebah.com.br/introdução à transferência de calor](https://www.ebah.com.br/introdução%20à%20transferência%20de%20calor)

2.7.3 Radiação

A radiação pode ser definida como o processo pelo qual calor é transferido de uma superfície em alta temperatura para uma superfície em temperatura mais baixa quando tais superfícies estão separadas no espaço, ainda que exista vácuo entre elas. A energia assim transferida é chamada radiação térmica e é feita sob a forma de ondas eletromagnéticas.

O exemplo mais evidente que podemos dar é o próprio calor que recebemos do sol. Neste caso, mesmo havendo vácuo entre a superfície do sol (cuja temperatura é aproximadamente 5500 °C) e a superfície da terra, a vida na terra depende desta energia recebida. Esta energia chega até nós na forma de ondas eletromagnéticas. As ondas eletromagnéticas são comuns a muitos outros fenômenos: raio-X, ondas de rádio e TV, micro-ondas e outros tipos de radiações.

As emissões de ondas eletromagnéticas podem ser atribuídas a variações das configurações eletrônicas dos constituintes de átomos e moléculas, e ocorrem devido a vários fenômenos, porém, para a transferência de calor interessa apenas as ondas eletromagnéticas resultantes de uma diferença de temperatura (radiações térmicas). As suas características são:

- Todos corpos em temperatura acima do zero absoluto emitem continuamente radiação térmica
- As intensidades das emissões dependem somente da temperatura e da natureza da superfície emitente

- A radiação térmica viaja na velocidade da luz (300.000 Km/s)

Capítulo 3

Referencial Teórico Educacional

3.1 Aprendizagem significativa de David Ausubel

David Ausubel é um representante do cognitivismo (MOREIRA, 2011) e, para ele, portanto, a aprendizagem tem como resultado um armazenamento organizado de informações na mente.

Aprendizagem significativa, resumidamente, é um processo no qual um novo conhecimento é associado aos conhecimentos já preexistentes de forma organizada. Essa associação não pode ser aleatória, ou seja, o novo conceito não pode se associar a qualquer conhecimento prévio do indivíduo. Ela também deve ocorrer de forma não literal, o que implica entendimento completo e não uma simples memorização desse conceito. Um ponto muito importante desse processo é que, quando o novo e os antigos conceitos se associam, eles criam um novíssimo conceito, que pode posteriormente se associar a outros conhecimentos externos e estabelecer mais um produto e assim sucessivamente.

Nesta pesquisa, a linha de trabalho objetivando a aprendizagem significativa dos alunos se baseou fortemente nos conceitos de nova informação (ou novo conhecimento), conhecimentos prévios, subsunçores, ancoragem, produto interacional, material potencialmente significativo, assimilação, diferenciação progressiva, organizadores prévios, reconciliação integrativa (ou integradora), organização sequencial e consolidação (MOREIRA, 2011).

A nova informação é o conhecimento que o aluno supostamente ainda não tem e que será apresentada a ele, na tentativa de fazê-lo aprender significativamente. Os conhecimentos prévios envolvem tudo o que o aluno já sabe, tendo aprendido de forma mecânica (não significativa) ou não. Também envolvem todos os assuntos relevantes ou não para se agregarem à nova informação.

Os subsunçores fazem parte dos conhecimentos prévios, mas são apenas aqueles conhecimentos capazes de se associar à nova informação.

Exemplificando, com o objetivo de ensinar/aprender velocidade relativa, um aluno que já sabe o que significa velocidade (subsunçor), pode utilizar isso para receber o conhecimento de mudança de referencial (nova informação). Já um conhecimento prévio de que as cores são determinadas pela frequência da onda, por exemplo, dificilmente serviriam de subsunçor para aprender velocidade relativa.

A ancoragem é a ligação de novas informações a um conceito subsunçor. Vale lembrar que várias informações podem ir se ancorando a um mesmo subsunçor, um por vez, o tornando cada vez mais robusto e completo.

O produto interacional é o conjunto do subsunçor modificado pela nova informação com a nova informação modificada pelo subsunçor, dando origem a um conceito mais específico que, posteriormente, poderá ser utilizado como subsunçor para novas ideias. Um exemplo aqui seria o conceito de força (subsunçor, mais geral) recebendo a nova informação de que cargas elétricas interagem entre si. Assim, o subsunçor “força” é modificado, pois se aplica também a cargas elétricas, com atração e repulsão à distância, assim como a nova informação “interação entre cargas elétricas” também é modificada, pois a forma como essa interação se dá é regida pelas mesmas regras vetoriais aplicáveis a qualquer força. Nesse caso o produto interacional é resumido como o conceito de força elétrica.

O material potencialmente significativo é composto pelas novas ideias que são capazes de se ancorar a um determinado subsunçor de forma significativa. Na preparação da aula, o professor tem o dever de buscar os pontos de ancoragem entre o que o aluno já sabe e o que se quer ensinar. Os alunos, por outro lado, têm o dever de manifestar disposição para realizar esse processo. Aqui cabe a observação de que, por uma sutileza, pode-se entender tanto o material didático (livros, apostilas, vídeos, etc.) como material potencialmente significativo quanto o conteúdo deles (teorias, conceitos, exemplos, etc.).

A assimilação é basicamente o processo de evolução da ancoragem, criando, a partir de um subsunçor X e de uma informação potencialmente significativa x , um produto interacional $X'x'$ com ambos modificados (X' e x') ao final do processo. Isso leva um tempo e é de suma importância em sala de aula, quando se quer que o aluno aprenda de forma significativa. É um processo que envolve discutir o assunto com o professor e com os colegas, resolver exercícios,

tirar dúvidas, etc. O tempo de assimilação foi, portanto, um dos pontos-chaves para esta pesquisa.

A diferenciação progressiva do conceito subsunção é a forma como um conceito mais geral vai evoluindo e se diferenciando em outros mais específicos quando a aprendizagem é significativa. A ideia de força, por exemplo, vai se diferenciando entre força elétrica, força magnética, força de atrito, etc.

A reconciliação integrativa é a interação das ideias com apontamento de semelhanças e diferenças entre elas, por meio de comparação ou discussão. Esse processo pode não ter um tempo curto, como o da assimilação, pois ao longo da vida, o aluno poderá comparar e enxergar semelhanças e diferenças entre o que aprendeu na escola e outras situações na faculdade ou no trabalho. Um exemplo é a reconciliação entre os conceitos de velocidade, aceleração e força gravitacional, quando é apresentado o exemplo de um objeto sendo lançado para cima. O aluno pode ter a aprendizagem mecânica e aceitar que a força sempre está para baixo, ou, por meio dessas interações de ideias, entender o processo como um todo e, principalmente, ser capaz de entender discrepâncias e semelhanças entre esses três conceitos ao resgatá-los, embora provavelmente tenham sido aprendidos em momentos bem diferentes.

A organização sequencial também tem papel protagonista nessa pesquisa, pois, como o nome já diz, é a forma como a sequência de assuntos é ensinada/aprendida. Essa sequência precisa seguir uma lógica, podendo ser histórica, matemática, hierárquica (do mais geral para o mais específico, como defende Ausubel), etc., desde que o material tenha pontos de ancoragem, sendo potencialmente significativo. No caso da teoria da calorimetria, pode-se caminhar por sequências históricas ou matemáticas, dependendo dos pontos de ancoragem criados ao longo das aulas. Quase inevitavelmente, ao fazer isso, o professor guia as aulas por uma sequência hierárquica, já que inicialmente parte do conceito de temperatura, passa pelo calor e, por fim, chega a todas as especificidades do equilíbrio térmico.

A consolidação é o processo em que o aluno ganha domínio sobre o produto interacional que aprendeu. Ao contrário da aprendizagem mecânica, a aprendizagem significativa, permite que o aluno relacione, resolva problemas,

reflita, crie proposições ou promova reconciliação integrativa, mostrando domínio. A vasta obra de David Ausubel apresenta vários outros conceitos de grande valor para melhorar o trabalho de professores, tais como aprendizagem cognitiva, afetiva, psicomotora, representacional, conceitual, proposicional, subordinada, superordenada e combinatória (MOREIRA, 2011).

Na aprendizagem significativa, o aprendiz não é um receptor passivo. Longe disso. Ele deve fazer uso dos significados que já internalizou, de maneira substantiva e não arbitrária, para poder captar os significados dos materiais educativos. Nesse processo, ao mesmo tempo que está progressivamente diferenciando sua estrutura cognitiva, está também fazendo a reconciliação integradora de modo a identificar semelhanças e diferenças e reorganizar seu conhecimento. Quer dizer, o aprendiz constrói seu conhecimento, produz seu conhecimento.

A proposta neste trabalho, no entanto, é dar ênfase aos elementos supracitados que foram explicados e mostrar que, com eles, já se tem o suficiente para montar um ótimo plano de trabalho em sala de aula, criando fortes elementos de aprendizagem significativa (MOREIRA, 2009).

3.2 Taxonomia dos Objetivos Educacionais de Benjamin Bloom

A Taxonomia de Bloom et al. (1972) revisada proporciona sustentação metodológica para a elaboração de instrumentos que possibilitam um processo de avaliação alinhado com os objetivos de aprendizagem (TAVARES et al., 2007). Sendo a taxonomia dos objetivos educacionais, também popularizada como taxonomia de Bloom, é uma estrutura de organização hierárquica de objetivos educacionais. Foi resultado do trabalho de uma comissão multidisciplinar de especialistas de várias universidades dos EUA, liderada por Benjamin S. Bloom, na década de 1950. Apesar de já haver revisões da proposta original (questionando, entre outras coisas, a questão hierárquica) a taxonomia de Bloom serve para guiar a elaboração e a classificação dos objetivos educacionais orientando, entre outras ações, o desenho instrucional dos treinamentos.

A classificação proposta por Bloom dividiu as possibilidades de aprendizagem em três grandes domínios:

- Cognitivo, abrangendo o conhecimento e o desenvolvimento de habilidades intelectuais;
- Afetivo, abrangendo a forma como se lida com os problemas emocionalmente, como: sentimentos, valores, entusiasmo, motivação e atitudes.
- Psicomotor, abrangendo as habilidades motoras em termos de velocidade, precisão, distância, procedimentos ou técnicas de execução.

Cada um destes domínios tem diversos níveis de profundidade de aprendizado. Por isso a classificação de Bloom é denominada hierarquia: cada nível é mais complexo e mais específico que o anterior. O terceiro domínio não foi terminado, e apenas o primeiro foi implementado em sua totalidade. Assim, nessa pesquisa, vamos utilizar o Domínio Cognitivo, que é o mais frequentemente usado nas avaliações.

Segundo Krathwohl (2002), Benjamin S. Bloom e seus colegas criaram a taxonomia buscando uma forma de facilitar a troca de questões de testes entre professores de várias universidades, cada questão avaliando o mesmo objetivo de aprendizagem. O autor diz que a taxonomia original de Bloom provê definições cuidadosas para as seis principais categorias do domínio cognitivo: conhecimento, compreensão, aplicação, análise, síntese e avaliação. Segundo o autor, estas categorias são ordenadas da mais simples para a mais complexa. Além disso, a taxonomia é uma hierarquia cumulativa, onde uma categoria mais simples é pré-requisito para a próxima categoria mais complexa. Existem verbos associados a cada um dos níveis da taxonomia mencionados anteriormente. Estes verbos auxiliam na classificação de uma questão de avaliação em um dos níveis da taxonomia.

Apesar das revisões, segundo Fuller et al (2007) a versão da taxonomia de Bloom mais utilizada ainda é a original. Por outro lado, Fuller faz algumas críticas à taxonomia original, dizendo que as categorias nem sempre são fáceis de serem aplicadas, que existe uma sobreposição significativa entre elas e que existe algum debate sobre a ordem em que as categorias análise, síntese e

avaliação aparecem na hierarquia. A hierarquização entre os dois últimos níveis das categorias do domínio cognitivo da taxonomia de objetivos educacionais não são consenso, ensejando uma discussão sobre a importância maior entre o ser criativo e o ser crítico, porém são considerados os dois mais altos níveis de desenvolvimento intelectual. Esta pesquisa foi implementada a partir da taxonomia revisada, pois Krathwohl (2002) diz que na taxonomia revisada existem duas dimensões. A dimensão do Conhecimento engloba as subcategorias da categoria conhecimento na taxonomia original. Já a dimensão dos Processos Cognitivos abrange as seis categorias da taxonomia original, porém renomeadas, em alguns casos apenas para suas formas verbais. A categoria Conhecimento tornou-se Lembrar, Compreensão tornou-se Entender, Síntese tornou-se Criar (e foi promovida para a categoria mais alta da hierarquia), Aplicação, Análise e Avaliação tornaram-se respectivamente Aplicar, Analisar e Avaliar.

[...] foram combinados o tipo de conhecimento a ser adquirido (dimensão do conhecimento) e o processo utilizado para a aquisição desse conhecimento (dimensão do processo cognitivo). Os processos cognitivos tiveram algumas mudanças de nomenclatura; [...] passaram a ser descritos com verbos em vez de substantivos, como na Taxonomia original. Os níveis de Conhecimento, Compreensão e Síntese foram renomeados para Relembrar, Entender e Criar, respectivamente. (TAVARES et al., 2007, p. 127).

Para Anderson (2001) a utilização da Taxonomia de Bloom pode ser organizada em uma tabela bidimensional, que utilizamos para classificar os objetivos educacionais. O enunciado do objetivo contém um verbo e um substantivo. O verbo descreve o processo cognitivo pretendido. O substantivo declara o conhecimento esperado que o aluno construa ou adquira. Na dimensão vertical representada, temos as dimensões do conhecimento, que são estruturadas em quatro categorias. Na dimensão horizontal temos a dimensão dos processos cognitivos, organizada em seis categorias gerais e dezenove subcategorias que descrevem processos cognitivos específicos, indo de processos cognitivos mais simples para os mais complexos. As células em branco se relaciona a um objetivo educacional, entendido a partir de suas células nominadas, como vemos na tabela bidimensional.

Tabela 1 Quadro de Categorização

Quadro da Categorização						
Dimensão do Conhecimento	Dimensão do Processo Cognitivo					
	1 - Lembrar	2 - Compreender	3 - Aplicar	4 - Analisar	5 - Avaliar	6 – Criar
A – Conhecimento Factual						
B - Conhecimento Conceitual						
C - Conhecimento Procedimental						
D - Conhecimento Metacognitivo						

Fonte: autoria própria.

3.2.1 A Dimensão do Conhecimento

Temos várias designações dos tipos de conhecimento, especialmente os desenvolvimentos em psicologia cognitiva que aconteceram desde a criação da estrutura original da taxonomia de Bloom. Decidimos por quatro tipos gerais de conhecimento observados na taxonomia revisada: Factual, Conceitual, Procedimental e Metacognitivo, estes quatro principais tipos de conhecimento e seus subtipos associados.

A – Conhecimento factual, que são os elementos básicos que um estudante deve saber para se familiarizar com uma disciplina ou resolver problemas com eles. Este conhecimento é dividido em duas subcategorias:

Aa - Conhecimento da terminologia.

Ab -Conhecimento de detalhes e elementos específicos.

B – Conhecimento Conceitual, as inter-relações entre os elementos básicos dentro de uma estrutura maior que lhes permitam funcionar em conjunto. Suas subcategorias são conhecimento de clarificações e categorias, de princípios e generalizações e de teorias, modelos e estruturas. Este conhecimento é dividido em três subcategorias:

Ba - Classificações e categorias

Bb - Princípios e Generalizações

Bc - Teorias, Modelos e Estruturas

C – Conhecimento de procedimentos, como fazer algo; métodos de investigação, e os critérios para o uso de habilidades, algoritmos, técnicas e métodos. Suas subcategorias são conhecimento de habilidades específicas e algoritmos, de técnicas e métodos e de critérios para determinar quando usar procedimentos apropriados. Este conhecimento é dividido em três subcategorias:

Ca - Habilidades específicas da disciplina e Algoritmos

Cb - Terminologias Específicas da Disciplina e Métodos

Cc - Critérios para Determinar quando usar procedimentos apropriados

D – Conhecimento metacognitivo, o conhecimento de cognição em geral, bem como a consciência e o conhecimento da própria cognição. Suas subcategorias são o conhecimento estratégico, conhecimento sobre tarefas cognitivas, incluindo conhecimento contextual e condicional apropriado. Este conhecimento é dividido em três subcategorias:

Da - Conhecimento estratégico

Db - Conhecimento sobre tarefas cognitivas (contextual e condicional)

Dc – Autoconhecimento

3.2.2 A Dimensão do processo Cognitivo

O processo cognitivo subdivide-se em seis categorias. Cada categoria segue uma linha hierárquica que, geralmente, exige que o indivíduo domine a anterior antes de atingir a próxima desejada. Portanto, tratam-se de processos intelectuais cumulativos, no quais uma categoria em um nível inferior oferece o suporte a uma próxima categoria de nível superior. Os verbos associados a cada um dos níveis da taxonomia são apresentados abaixo.

1. Lembrar

- reconhecer e reproduzir ideias e conteúdos. Reconhecer requer distinguir e selecionar uma determinada informação e reproduzir ou recordar está mais relacionado à busca por uma informação relevante memorizada.

Verbos: enumerar, definir, descrever, identificar, denominar, listar, nomear, combinar, realçar, apontar, relembra, recordar, relacionar, reproduzir, solucionar, declarar, distinguir, rotular, memorizar, ordenar e reconhecer.

2. Entender

- estabelecer uma conexão entre o novo e o conhecimento previamente adquirido. A informação é entendida quando o aprendiz consegue reproduzi-la com suas próprias palavras.

Verbos: alterar, construir, converter, decodificar, defender, definir, descrever, distinguir, discriminar, estimar, explicar, generalizar, ilustrar, inferir, reformular, prever, reescrever, resolver, resumir, classificar, discutir, identificar, interpretar, reconhecer, redefinir, selecionar, situar e traduzir.

3. Aplicar

- executar ou usar um procedimento numa situação específica e pode também abordar a aplicação de um conhecimento numa situação nova.

Verbos: aplicar, alterar, programar, demonstrar, desenvolver, descobrir, dramatizar, empregar, ilustrar, interpretar, manipular, modificar, operacionalizar, organizar, prever, preparar, produzir, relatar, resolver, transferir, usar, construir, esboçar, escolher, escrever, operar e praticar.

4. Analisar

- dividir a informação em partes relevantes e irrelevantes, importantes e menos importantes e entender a inter-relação existente entre as partes.

Verbos: analisar, reduzir, classificar, comparar, contrastar, determinar, deduzir, diagramar, distinguir, diferenciar, identificar, ilustrar, apontar, inferir, relacionar, selecionar, separar, subdividir, calcular, discriminar, examinar, experimentar, testar, esquematizar e questionar.

5. Avaliação

- a realizar julgamentos baseados em critérios e padrões qualitativos e quantitativos ou de eficiência e eficácia.

Verbos: avaliar, averiguar, escolher, comparar, concluir, contrastar, criticar, decidir, defender, discriminar, explicar, interpretar, justificar, relatar, resolver, resumir, apoiar, validar, escrever um review sobre, detectar, estimar, julgar e selecionar.

6. Criar

- colocar elementos junto com o objetivo de criar uma nova visão, uma nova solução, estrutura ou modelo utilizando conhecimentos e habilidades previamente adquiridos.
- desenvolvimento de ideias novas e originais, produtos e métodos por meio da percepção da interdisciplinaridade e da interdependência de conceitos.

Verbos: categorizar, combinar, compilar, compor, conceber, construir, criar, desenhar, elaborar, estabelecer, explicar, formular, generalizar, inventar, modificar, organizar, originar, planejar, propor, reorganizar, relacionar, revisar, reescrever, resumir, sistematizar, escrever, desenvolver, estruturar, montar e projetar.

Capítulo 4 Metodologia

4.1 O Produto Experimental

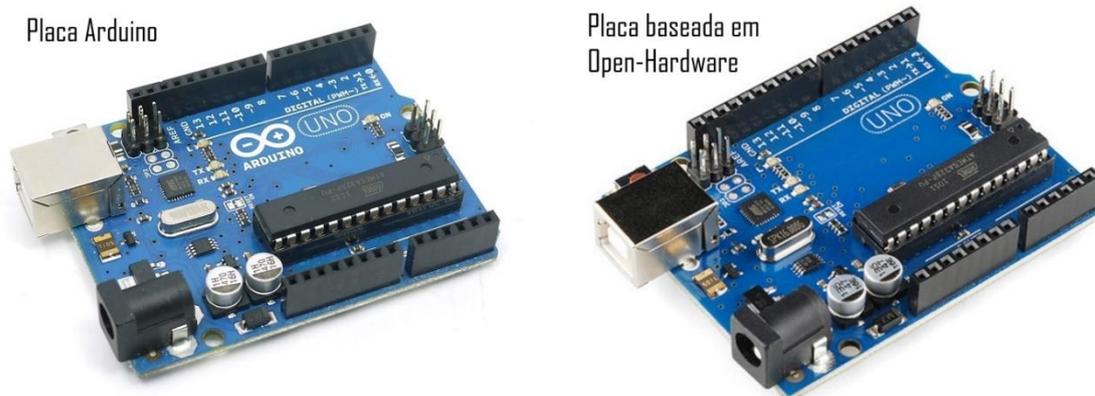
Para a maioria dos alunos as aulas de física são desinteressantes e desmotivadoras, pois nas escolas da rede pública de ensino este conteúdo é visto de forma tradicional, com a utilização de livro, quadro negro e lista de exercícios. Verifica-se a intensificação da busca de novas maneiras de avaliação e constata-se que vem ganhando destaque a importância da transdisciplinaridade como abordagem científica, visando estimular o estudante a buscar uma nova compreensão da realidade por meio da articulação dos conhecimentos apreendidos (MATOS, BROWN e CIRINO, 2012). Assim, para reter a atenção dos alunos e melhorar o engajamento nas aulas fizemos uma montagem experimental para implementar a nossa sequência didática. Nessa montagem experimental utilizamos a plataforma de prototipagem do Arduino. Fizemos esta escolha por se tratar de uma plataforma de código aberto que permite alterações em códigos fontes encontrados na internet o que facilita bastante a programação para iniciantes. Além disso, o valor da placa e dos sensores tem baixo custo de mercado sendo acessível para os professores das redes de ensino públicas. Como nosso experimento engloba parte da termodinâmica, em especial a temperatura e o calor, temos com fator relevante o tempo de resposta dos sensores em capturar as medidas aferidas.

Utilizamos a placa Arduino uno R3, por ser a mais utilizada entre os prototipistas ela possui uma gama imensa de códigos o que facilita bastante para iniciantes em programação. A placa uno R3 é muito utilizada pois apresenta uma ótima quantidade de portas disponíveis e grande compatibilidade com os Shields Arduino. Abaixo temos as principais especificações da placa do Uno R3:

- Microcontrolador: ATmega328
- Tensão de Operação: 5V
- Tensão de Entrada: 7-12V
- Portas Digitais: 14 (6 podem ser usadas como PWM)

- Portas Analógicas: 6
- Corrente Pinos I/O: 40mA
- Corrente Pinos 3,3V: 50mA
- Memória Flash: 32KB (0,5KB usado no bootloader)
- SRAM: 2KB
- EEPROM: 1KB
- Velocidade do Clock: 16MHz

Figura 8: Placa Arduino Original x Placa Open-Hardware



Fonte: <https://www.filipeflop.com/produto/placa-uno-r3-cabo-usb-para-arduino/>

Utilizamos para baixar ainda mais o custo do projeto, um Uno R3 Open Hardware, que são circuitos eletrônicos ou hardware de computador que podem ser copiados livremente, já que o próprio desenvolvedor disponibiliza o diagrama esquemático, lista de componentes, layout de placa e outras informações relacionadas ao hardware. O open hardware é frequentemente confundido com pirataria, mas são conceitos completamente distintos. Vamos tomar como exemplo o Arduino. Um fabricante pode colocar em uma mesma placa um ATmega, o regulador de tensão, o chip FTDI, os demais componentes e criar seu próprio Arduino, o que ele não pode é utilizar o nome Arduino.

Apesar da principal finalidade da plataforma Arduino não ser o uso educacional, por ser um recurso tecnológico de software e hardware livres e pela facilidade de programação e montagem de circuitos eletrônicos, muitos

pesquisadores da área de Ensino apostaram na placa de prototipagem como um recurso tecnológico que pode substituir os grandes computadores na sua função de automatização e coleta de dados e também na utilização da ferramenta da lógica de programação do meio virtual para resolver problemas concretos do mundo real e estimular o desenvolvimento do aluno.

4.1.1 Montagem do protótipo e programação

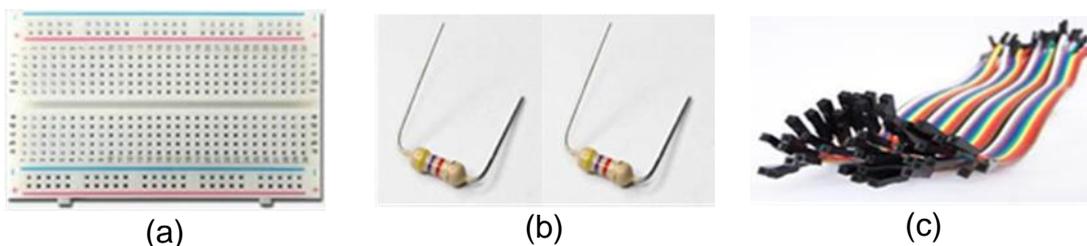
Para montarmos o protótipo que auxilia na sequência didática, em especial no tocante da parte experimental para medirmos a temperatura de corpos, utilizamos uma placa Uno R3 (Fig. 9.a), dois sensores de temperatura DS18B20 (Fig. 9.b), uma protoboard (Fig. 10.a), dois resistores de 4,7K Ω (Fig. 10.b) e cabos jumper de conexão (Fig. 10.c).

Figura 9: (a) - Placa Uno R3; (b) Sensores de temperatura DS18B20



Fonte: (a) <https://www.filipeflop.com/produto/placa-uno-r3-cabo-usb-para-arduino/>; (b) <https://www.masterwalkershop.com.br/sensor-de-temperatura-ds18b20-prova-dagua-do-tipo-sonda>

Figura 10: (a) Protoboard; (b) Resistores; (c) Cabos de conexão



Fonte: (a) <https://www.smartprojectsbrasil.com.br/protoboard-400-furos>; (b) <https://www.newbiehack.com/categories/newbiehack-resistors-4!7K-ohm-quarterwatt-through-hole>; (c) <https://www.tecnotronics.com.br/cabo-jumper-m-x-f-40-unidades.html>

O componente primordial para nosso protótipo vem a ser os sensores de temperatura. Eles são dispositivos que ajudam a identificar o nível de aquecimento de um determinado corpo ou processo. Em virtude dos infinitos

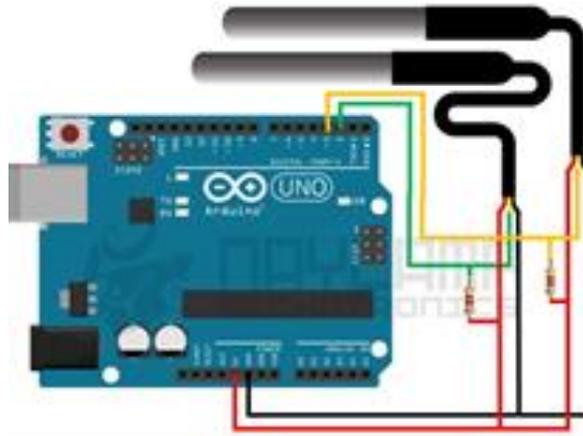
tipos de aplicações existentes, é fácil perceber a necessidade de uma vasta gama de sensores, os quais, de maneira individual, cumprem requisitos particulares de cada situação.

Escolhemos o sensor de temperatura DS18B20 por ser um termômetro digital, onde a leitura da temperatura ocorre muito rapidamente e possuir uma precisão muito boa para nosso experimento. Em geral, sensores de temperaturas são analógicos e fornecem um valor de tensão ou corrente que será interpretado pelo Arduino. Já o sensor DS18B20 possui sua própria inteligência. Ele é capaz de ler a temperatura, interpretá-la e enviar a informação do valor de temperatura em graus Celsius para o microcontrolador usando um barramento de apenas um fio devido ao protocolo de comunicação Onewire. Este sensor pode medir temperaturas entre $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $125\text{ }^{\circ}\text{C}$ com uma precisão de cerca de $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ na faixa de $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$

Cada sensor DS18B20 possui um endereço serial exclusivo de 64 bits, de modo que podemos colocar vários sensores em um mesmo barramento, utilizando apenas uma única porta do microcontrolador e obter os valores de temperatura de cada sensor separadamente. Este fator foi determinante, pois tínhamos que associar dois sensores que fizessem a leitura de temperaturas diferentes simultaneamente.

A montagem experimental ocorre de acordo com a figura (Fig. 11), onde podemos observar que os fios verde e amarelo dos sensores são ligados nos pinos 2 e 3 que são portas analógicas da placa uno R3 para que façam a comunicação entre o sensor e a biblioteca onewire. Nestes fios fazemos uma ponte entre o resistor de $4,7\Omega$ e o fio vermelho, ligado a tensão de 5V. O fio preto ligado ao GND é o aterramento do circuito.

Figura 11: Esquema de montagem



Fonte: <https://www.arduinoocia.com.br/sensor-de-temperatura-ds18b20-arduino/>

Utilizamos o código abaixo para lermos a temperatura de corpos com os dois sensores simultaneamente.

```
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>

OneWire ourWire1(2);          //Estabelece pin 2 como OneWire
OneWire ourWire2(3);          // Estabelece pin 3 como OneWire
DallasTemperature sensors1(&ourWire1); //Declara a variável para sensor 1
DallasTemperature sensors2(&ourWire2); //Declara a variável para sensor 2

void setup() {
  delay(1000);
  Serial.begin(9600);
  sensors1.begin(); //Inicia o sensor 1
  sensors2.begin(); //Inicia o sensor 2
}

void loop() {
  sensors1.requestTemperatures(); //Envia comando para ler a temperatura
  float temp1= sensors1.getTempCByIndex(0); //Obtém a temperatura em °C do
  sensor 1
```

```
sensors2.requestTemperatures(); // Envia comando para ler a temperatura
float temp2= sensors2.getTempCByIndex(0); //Obtém a temperatura em °C
sensor 2
Serial.print("Temperatura 1 = ");
Serial.print(temp1);
Serial.print(" C");
Serial.print("  Temperatura 2 = ");
Serial.print(temp2);
Serial.println(" C");
delay(5000);
}
```

4.1.2 Objetivos Educacionais

Temos que a taxonomia é instrumento adequado para classificar a evolução do aluno no processo de ensino aprendizagem, devido aos objetivos projetados pelo professor ao decorrer de um conteúdo. Frente aos objetivos educacionais, elaboramos um planejamento que está explicitado no quadro de categorização com seus respectivos objetivos. Temos como objetivos gerais, a compreensão e diferenciação entre calor e temperatura e a distinção entre capacidade térmica e calor específico adequando este conteúdo aos colégios da rede pública de ensino.

Nosso objetivo geral tem como propósito enunciar de forma clara e expandida os resultados pretendidos pelo professor. Os objetivos educacionais se apresentam de forma mais focada, são mais específicos que os objetivos globais, porém mais gerais que os objetivos instrucionais. A tabela preenchida serve para avaliar se não estamos incluindo os mesmos objetivos de forma exaustiva, permite a percepção da variedade a se explorar acerca do tema e ainda conferir se esta amplitude está sendo bem aproveitada. Diferentes objetivos exigem atividades instrucionais diferentes, ou seja, classificar um objetivo na tabela ajudará o professor a pensar em quais atividades instrucionais ele deve planejar para programar o que foi proposto no objetivo.

Para facilitar a escolha dos objetivos, das atividades instrucionais e dos métodos avaliativos, fizemos o levantamento dos subsunçores. Para isso as equipes receberam umas imagens norteadoras e em seguida utilizamos algumas perguntas sugeridas que contam da obra traduzida “Uma categorização para a aprendizagem, o ensino e a avaliação. Uma revisão da categorização dos objetivos educacionais de Bloom.”

- Quais são os objetivos a serem alcançados com o estudo da calorimetria e como eles foram determinados?
- Que materiais (ex: textos, software, vídeos) e equipamento (ex., computadores, equipamento de laboratório) estão disponíveis para o professor e para os alunos?
- Quanto tempo foi reservado para o ensino da calorimetria no ensino médio da rede de ensino pública?
- Como a calorimetria foi introduzida para os alunos?

Temos abaixo os objetivos traçados para os alunos após a análise dos subsunçores e alinhamento com as perguntas.

Tabela 2 Quando de Categorização

Quadro da Categorização						
Dimensão do Conhecimento	Dimensão do Processo Cognitivo					
	1 - Lembrar	2 - Compreender	3 - Aplicar	4 - Analisar	5 - Avaliar	6 – Criar
A – Conhecimento Factual	Objetivo IV	Objetivo I	Objetivo VII			
B - Conhecimento Conceitual		Objetivo V	Objetivo VI			
C - Conhecimento Procedimental	Objetivo VIII		Objetivo II Objetivo III			
D - Conhecimento Metacognitivo						

Fonte: autoria própria

Objetivo I: Comparar os conceitos de calor e temperatura.

Objetivo II: Aplicar as equações da calorimetria e fazer as conversões de escala de temperatura

Objetivo III: Resolver problemas utilizando a equação da quantidade de calor

Objetivo IV: Reconhecer os tipos de transferência de calor

Objetivo V: Reconhecer o conceito de energia interna.

Objetivo VI: Compreender as grandezas graficamente.

Objetivo VII: Reconhecer o conceito de equilíbrio térmico.

Objetivo VIII: Plotar gráficos a partir de dados experimentais.

4.2 A Sequência Didática

Aplicamos Sequência Didática em quatro turmas de ensino regular de segundo ano do Ensino Médio de escolas públicas, em duas escolas diferentes, Escola Estadual Deputado Oliveira Souza, situada na cidade de Bicas/MG, no turno matutino e vespertino, no horário regular das aulas e na Escola Estadual Professor Irineu Guimarães, situada no município de Guarará/MG, no horário de reposição de paralização, extra turno, no ano de 2018; sendo professor efetivo nas escolas de aplicação.

O trabalho foi elaborado para ter duração de 7 aulas, tempo previsto para que a sequência possa ser aplicada efetivamente sem prejudicar outros tópicos de física do segundo ano do ensino médio. A Sequência diversificada privilegia atividades experimentais por acreditarmos que o experimento aumenta o interesse dos alunos, aguça a curiosidade e aumenta o engajamento dos alunos junto as atividades educacionais. Temos também atividades em ambientes virtuais, possibilitando uma inclusão digital, pois os laboratórios de informática das escolas públicas são pouco utilizados na disciplina de física. Todas as etapas da sequência didática foram avaliativas, e utilizamos um jogo didático denominado Computador do Saber (PROJETO CRIANÇA FELIZ, 2000), para uma avaliação final. Assim transformamos o clima tenso de uma prova avaliativa de física em uma avaliação divertida que transcorra de forma tranquila e sem pressão psicológica para os alunos. Nossa sequência didática possibilita uma interação constante do aluno com a prática de ensino. Assim o aluno se torna protagonista no processo de ensino aprendizagem, deixando de ser um ente passivo neste processo, o que ocorre na maioria das vezes.

Observamos a realidade das escolas onde a sequência foi aplicada, desta forma utilizados um experimento de simples execução que não demandam

laboratório de ciências. Nas escolas de aplicação do trabalho, havia laboratório de informática; a maior parte atividades experimentais desta sequência foram executadas em sala de aula com muita serenidade. As salas foram divididas em grupos de no máximo 6 alunos, pelo método de sorteio, baseado no número referência de cada aluno. Este procedimento foi utilizado para otimizar a sequência devido ao grande número de alunos por salas e para que houvesse uma interação social entre alunos da mesma sala que nem se relacionavam.

Tabela 3 Resumo da sequência didática

Aula	Conteúdo	Atividades	Objetivos
1	Calorimetria	Coleta dos subsunçores e debate entre os grupos sobre os conceitos preconcebidos da calorimetria	Traçar estratégias para compor os objetivos educacionais baseado nos conhecimentos prévios dos alunos
2	Calorimetria	Vídeos sobre as concepções antigas e novas sobre calor e temperatura	Elucidar os alunos sobre os conceitos corretos de calor e temperatura
3	Calorimetria	Medir com o protótipo experimental a taxa de variação da temperatura de diversos materiais.	Comparar gráficos para reconhecer capacidade térmica e calor específico
4	Calorimetria	Explicação sobre o conceito científico atual do calor como forma de energia e resoluções de exercícios	Identificar situações cotidianas e fenômenos naturais explicados pelos conceitos de calor específico e capacidade térmica, aplicando as fórmulas da calorimetria.
5	Calorimetria	Simulação computacional do PHET	Consolidar os conceitos de capacidade térmica e calor específico
6	Calorimetria	Experimento junto as equipes com o intuito de inferir o conceito de equilíbrio térmico, utilizamos dois materiais o cobre e o alumínio.	Introduzir junto as equipes o conceito de equilíbrio térmico e transferência de calor.
7	Calorimetria	Atividade avaliativa tanto qualitativa como quantitativa	Comparamos com os subsunçores, o resultado através de uma atividade lúdica.

Fonte: autoria própria

A tabela 3 mostra um resumo da sequência didática. Usamos na maioria das atividades roteiros com os procedimentos e fichas para coletas de dados, este material está disponível no apêndice A.

4.2.1 Descrição das aulas da sequência

Aula 1 – Levantamento dos subsunçores para alinhamento dos objetivos educacionais.

Na primeira parte da aula fizemos o levantamento dos subsunçores. Para isso, as equipes receberam umas imagens norteadoras sobre calor e outras frases norteadoras. Em seguida trocamos os objetos educacionais entre as equipes, no final cada componente redigiu um texto sobre o tema e cada equipe produziu um texto com os pensamentos em comuns dos seus componentes. Na segunda parte da aula realizamos um debate entre os membros dos grupos e posteriormente entre os grupos. Posto isto, várias questões foram abordadas, onde nossa atuação como professor foi na posição de mediador do debate, interagindo para sanar dúvidas e nortear as questões levantadas.

[...] podemos falar de conhecimentos prévios em diferentes níveis, na medida em que as unidades organizativas dos processos de ensino e aprendizagem podem ser de magnitudes diferentes (...) as unidades organizativas dentro de um mesmo nível podem abranger do planejamento geral (...) até o planejamento de unidades didáticas concretas e das lições específicas dessas unidades. (...) em cada um dos níveis tem sentido falar de conhecimentos prévios dos alunos, conhecimentos que, embora logicamente relacionados, podem ser diferentes em função do grau de generalidade ou especificidade com que são contemplados os novos conteúdos em cada uma dessas unidades organizativas (MIRAS, 1998, p.)

Aula 2 - Contexto Histórico e Atual

No primeiro momento da aula levamos os alunos para a sala de informática. Os grupos foram orientados a pesquisar sobre os aspectos históricos e atuais correlacionados com o calor. Os alunos encontraram pequenos vídeos e vários textos sobre calor, em seguida fizemos uma breve reflexão sobre os vídeos e os textos. No momento seguinte da aula, os alunos produziram individualmente um texto correlacionando e questionando os aspectos históricos e atuais sobre o calor.

Aula 3 – Medindo a temperatura de diversos materiais

Na parte inicial da aula, os alunos foram apresentados ao produto e, utilizando o experimento, os componentes de cada equipe observaram a variação da temperatura em função do tempo para diversos tipos de materiais. Na segunda parte da aula, os alunos, em equipe, construíram gráficos no papel milimétrico e em seguida analisaram a inclinação do gráfico, possibilitando assim a compreensão do conceito de capacidade térmica e calor específico.

Aula 4 – Fenômenos relacionados com o calor

A aula começou com relato das equipes sobre o tema motivador “Existe alguma coisa que não esteja relacionada com calor?”. Na segunda parte foi feita uma explanação sobre o conceito científico atual do calor como forma de energia; a diferença entre calor, temperatura e energia interna e foram propostos aos alunos atividades qualitativas e quantitativas utilizando as equações fundamentais da calorimetria.

Aula 5 - Simulação computacional

Levamos os alunos para a sala de informática onde trabalhamos com o simulador do PHET, que é uma plataforma interativa da universidade do Colorado que possibilita a simulação de diversas áreas do conhecimento. Utilizamos na referida plataforma a simulação *Formas de energia e Transformações* (phet.colorado.edu/pt_BR/energy-forms-and-changes) e com este instrumento virtual podemos sanar diversas dúvidas sobre calor como forma de energia. No primeiro momento da aula as equipes simularam diversas formas de transformações de energia e também simularam a variação de temperatura de diversos corpos com calor específico diferente para conhecerem o simulador. Na segunda parte da aula, as equipes utilizaram o simulador conectado ao projetor para fazerem apresentações. Neste momento o professor atuará como mediador durante as apresentações e a discussão entre as equipes.

Aula 6 – Equilíbrio Térmico e Transferência de Calor

Nesta aula utilizamos o produto educacional para realizarmos um experimento de equilíbrio térmico entre um paralelogramo de cobre e outro de alumínio, inicialmente a temperaturas diferentes e aproveitamos a oportunidade para introduzirmos os conceitos de transferência de calor. Os grupos anotaram os dados nos formulários e calcularam o valor experimental, em seguida debateram entre si os resultados. Neste momento, o papel do professor se restringe a mediar os debates e esclarecer as dúvidas.

Aula 7 – Avaliação Lúdica Quantitativa e Qualitativa

Nesta aula utilizamos o jogo computador do saber para avaliar as equipes sobre os conhecimentos adquiridos até aquele momento. Os alunos escolhiam

os números que continham perguntas e em seguida respondiam. Na sequência, as respostas eram conferidas no tabuleiro do jogo. Foram realizadas 6 perguntas para cada equipe, que escolhiam o representante para responder as perguntas, sem poder repetir o aluno. Esta atividade foi útil para verificar o que foi desenvolvido pelo aluno em todas as aulas da sequência.

Capítulo 5

Aplicação da Sequência Didática

5.1 – Descrição da sequência didática

A Sequência Didática (SD) desenvolvida aborda, conforme exposto, conceitos relacionados à calorimetria e a sua interação no mundo que nós cerca. Essa sequência será detalhada sucintamente nas linhas que se seguem. Na tabela 5.1 temos a relação entre os objetivos educacionais pretendidos correlacionados com cada aula da sequência. Podemos observar que eles ficam concentrados nas colunas do processo cognitivo até *Aplicar* e na coluna da *dimensão do conhecimento procedimental*, sendo mais densa no processo do *conhecimento factual*. Este fato ocorre por termos focado em um nível de conhecimento básico sobre calor. Não nos aprofundamos mais no conteúdo, pois é importante que o aluno leve um conhecimento que possa ser aplicado no seu dia a dia e por se tratar de escola pública, temos um público muito eclético, desta forma visamos um aprendizado que envolva o aluno com suas práticas diárias.

Tabela 4 Relação de aulas x objetivos

Quadro da Categorização						
Dimensão do Conhecimento	Dimensão do Processo Cognitivo					
	1 - Lembrar	2 - Compreender	3 - Aplicar	4 - Analisar	5 - Avaliar	6 - Criar
A – Conhecimento Factual	Objetivo IV Aula 3 Aula 7	Objetivo I Aula 1 Aula 2 Aula 4 Aula 5	Objetivo VII Aula 5 Aula 6 Aula 7			
B - Conhecimento Conceitual		Objetivo V Aula 5 Aula 7	Objetivo VI Aula 3			
C - Conhecimento Procedimental	Objetivo VIII Aula 3		Objetivo II Aula 4 Aula 7 Objetivo III Aula 4 Aula 7			
D - Conhecimento Metacognitivo						

5.1.1 – Aula 1: Levantamento dos subunçores para alinhamento dos objetivos educacionais.

Os alunos de cada equipe receberam as folhas com imagens norteadoras e algumas frases, disponível no anexo VII. Em seguida começaram a dissertar sobre as imagens e as frases. Logo após trocaram as imagens entre os grupos, e seguiram a dissertar. Esta etapa é fundamental para que os objetivos educacionais tenham um alinhamento adequado, pois é a partir da coleta dos subunçores que conseguimos identificar os conhecimentos prévios de cada aluno e traçar uma sequência didática adequada a realidade dos alunos do segundo ano do ensino médio.

Figura 12: Modelo de imagens norteadoras

Este formulário contém logotipos de instituições (MNPEF, etc.) e um campo para o nome do aluno e a turma. Abaixo, há uma grade de 12 imagens ilustrativas que servem como norteadoras para a dissertação. À direita, há um espaço com linhas para a dissertação do aluno.

Fonte: Livre adaptação do autor

Após a análise criteriosa das dissertações, podemos observar que a grande maioria dos alunos do ensino médio das duas escolas, não conseguem compreender o conceito de calor. A maior parte deles associa calor com temperatura elevada, sendo considerado por vários alunos o contrário de frio. Temos também o conceito errado de isolante térmico, muitos acreditam que blusas e cobertores esquentam.

Figura 13: Coleta de subsunções

abordam, seu texto deve conter todas as informações (teóricas ou práticas) que você vivenciou até hoje sobre o tema.

Ao olhar as imagens fica claro que o calor é quando temos uma temperatura alta como no forno, no fogão e no sol. Em outras imagens como no casal com roupa de frio temos o "frio" que é uma temperatura baixa como a de gelo por exemplo. A imagem do casal de roupas molta e sol quente, secando a

O que eu sei sobre calor é quando o sol está quente (40 graus) e o frio quando o local que estamos tem temperatura baixa (5 graus), assim ainda temos muito calor, temperatura muito alta acima de 100 graus (ferve até a água) e muito frio temperatura abaixo de 0 graus (congela as coisas).

Quando as imagens pedem que se tratam de calor e frio, dizem conceitos opostos, a maioria das imagens fala de calor e poucos falam sobre o frio, isto deve ser por serem um país tropical. Como quando me calor, temos penas das penas e me frio temos penas com o cabelo para poderem se lo

Fonte: Arquivo do autor

Após a análise, traçamos várias atividades para a sequência que procurassem elucidar a diferença entre calor e temperatura, os processos de transferência de calor visando não um conhecimento aprofundado sobre o tema, mas sim um conceito que o aluno possa fixar para o seu cotidiano e também possibilite resolver exercícios de calorimetria. As turmas das duas escolas tiveram basicamente as mesmas dificuldades na compreensão do tema, assim montamos uma única sequência que foi aplicada nas duas escolas. A aplicação da sequência ocorreu na Escola Estadual Deputado Oliveira Souza, situada na cidade de Bicas/MG, no turno matutino e vespertino, no horário regular das aulas

no período de 07/05/18 a 29/05/18 e na Escola Estadual Professor Irineu Guimarães, situada no município de Guarará/MG, no horário de reposição de paralização, extra turno, no período de 07/05/18 a 21/05/18.

5.1.2 – Aula 2: Contexto Histórico e Atual

No primeiro momento da aula levamos os alunos para a sala de informática. Os grupos foram orientados a pesquisar sobre os aspectos históricos e atuais correlacionados com o calor. Cada equipe ficou com três computadores para pesquisarem, os alunos de cada grupo revezavam entre si para realizarem a pesquisa. Ao final deste primeiro momento os alunos encontraram e estudaram pequenos vídeos e vários textos sobre calor, em seguida fizemos uma breve reflexão sobre os vídeos e os textos. Abaixo temos o endereço eletrônico de alguns vídeos e textos encontrados pelos alunos que foram debatidos:

A Teoria do Calórico

<https://www.youtube.com/watch?v=qggBcAtgQG4>

Experimento de Joule, Equivalente Mecânico de Calor

https://www.youtube.com/watch?v=V44_AtPKpGo

Teoria do Calor - EnemTube

<https://www.youtube.com/watch?v=OeMQk5CphEs>

Conceitos de calor através da história

<https://brasilecola.uol.com.br/fisica/conceitos-calor-atraves-historia.htm>

Contexto Histórico e Proposta para Sala de Aula

<https://pt.wikipedia.org/wiki/Calor>

Calor e Temperatura

<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/calor-temperatura.htm>

História do conceito calor

<http://saladafernanda.blogspot.com/>

Significado de Calor

<https://www.significados.com.br/calor/>

Teoria do flogístico

https://pt.wikipedia.org/wiki/Teoria_do_flogisto

Tivemos um debate muito proveitoso no qual foi possível sanar vários conceitos errados que tínhamos obtido nos subsunçores. A princípio discutiríamos só sobre os aspectos históricos e atuais do tema calor, entretanto, realizamos um paralelo entre as concepções antigas (flogisto e calórico) e as novas concepções. Com o desenrolar das discussões acabamos abordando outros temas. Observamos vários pontos relevantes levantados pelos alunos, como a atual definição no Sistema Internacional de Medidas (SI), que alterou a definição de temperatura Kelvin. Atualmente a temperatura 1K é definida como $1/273,16$ da temperatura do ponto triplo da água, temperatura na qual os três estados físicos da água podem coexistir na menor pressão possível. Interagimos no debate falando que teremos uma nova definição da temperatura e que esta será mais abrangente, por ser independente do comportamento específico da água ou de qualquer outra substância, que será baseada a partir de uma das constantes mais fundamentais da Física. Explicamos que a grosso, a constante de Boltzmann é uma quantidade que expressa como a energia das partículas que constituem uma certa porção de matéria se relaciona com a temperatura dessa porção de matéria.

Outro ponto importante que foi debatido foi o conceito de calor. Abordamos primordialmente no debate que o calor não está relacionado com uma temperatura elevada, sendo que sua dependência fica a cargo da variação de temperatura. Um aluno de uma das equipes questionou “professor lemos aqui que não existe temperatura abaixo de zero, mas uma vez vi no globo repórter que em um dos polos tínhamos temperaturas abaixo de zeros”, sobre as temperaturas baixa que leram em um texto. Esclareci que não poderia ter temperatura abaixo de zero na escala absoluta Kelvin, mas nas escalas graduadas como a celsius ($^{\circ}\text{C}$) ou Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$) poderíamos encontrar temperaturas abaixo de zero, até um determinado limite. Uma aluna de uma outra equipe perguntou, “como pode um cobertor não esquentar professor”, tivemos que falar um pouco sobre isolantes e condutores térmico. A atividade que seria realizada no momento seguinte da aula, em que os alunos produziram individualmente um texto correlacionando e questionando os aspectos históricos e atuais sobre o calor, ficou para ser realizada em casa e entregue na próxima aula. Apesar do debate ter sido muito proveitoso, poderíamos ter direcionado os vídeos e os textos para os alunos, assim conseguiríamos realizar os dois

momentos no tempo previsto. Como estamos fazendo a descrição global da aplicação nos dois colégios, este problema ocorreu em todas as turmas dos dois colégios onde a sequência foi aplicada.

5.1.3 – Aula 3: Medindo a temperatura de diversos materiais

Começamos a aula com uma breve explicação sobre o produto experimental. Citamos os componentes da placa arduino e dos sensores que utilizamos e salientamos que a escolha foi feita para otimizar o experimento, pois os sensores termopar medem a variação de temperatura quase que instantaneamente. Em seguida mostramos o funcionamento do protótipo, explicamos que o produto funciona como um termômetro digital que possibilita a aferição de duas temperaturas distintas simultaneamente. Na sequência, as equipes, uma de cada observaram a variação de temperatura em função do tempo de três corpos (alumínio, cobre e cerâmica), e anotaram na ficha de dados (figura 5.5) fornecida para cada equipe. Cabe salientar que o tempo de cada medida de temperatura já estava inserido no programa do arduino, pois o protótipo registra o valor da temperatura a cada 5 segundos. Para cada corpo foi dado o tempo de 2 minutos para cada material, totalizando um total de 24 medidas para cada material. Como fonte de calor inicialmente usamos lamparina de querosene, e podemos constatar que o fluxo de calor não estava constante, nas demais turmas resolvemos o problema utilizando um mini maçarico à gás recarregável com interruptor e controle de fluxo - WESTERN-6000, utilizado por eletricitistas, de baixo custo e encontrado facilmente nas lojas de produtos elétricos. Uma preocupação muito importante é falar com os alunos sobre a segurança ao realizar a aferição, pois estamos trabalhando com materiais que alcançam uma temperatura que pode causar queimaduras, o mini maçarico pode variar sua temperatura de 30°C a 1800°C, de acordo com o fabricante.

Quadro 1: Formulário de coleta de dados

Escola	Equipe	Turma	Referência dos alunos
Tempo (s)	Alumínio	Cobre	Cerâmica
5			

10			
15			
20			
25			
30			

Fonte: autoria própria

Na segunda parte da aula distribuimos três folhas do papel milimetrado para cada equipe, e foi pedido que esboçassem os gráficos com as medidas aferidas, sendo um gráfico para cada material em folha distinta. Foi orientado também que a escala dos gráficos deveria ser a mesma em todos eles, tal orientação é para facilitar a comparação entre os gráficos, é importante que o professor converse com o professor de matemática anteriormente para que ele relembrem a parte de construção de gráfico do 1º ano, este diferencial facilita substancialmente a segunda parte da aula. Como só foi entregue um formulário com todos os materiais para cada equipe, os outros alunos da equipe tiraram foto das medidas com o celular para poderem plotar os gráficos. Como em várias escolas não é permitido o uso de celulares seria interessante fazer uma folha de coleta de dados para cada material para evitar problemas com o corpo gestor da instituição de ensino.

Figura 14: Foto dos alunos plotando gráficos



Fonte: Acervo do autor

Após os gráficos construídos, as equipes compararam a inclinação das curvas para cada material, cabe ressaltar que os gráficos não são retas perfeitas, como o intuito era a comparação dos gráficos, não linearizamos e sim traçamos uma reta que interceptava os pontos médios dos gráficos.

Ao analisarmos as inclinações dos gráficos ficou claro que uns materiais estavam elevando sua temperatura mais rápido que outros num mesmo intervalo de tempo. Observando a tabela de calor específico contida no livro texto, eles concluíram que os materiais que aqueciam mais rápido possuíam menor calor específico, e analisando a fórmula da capacidade térmica para uma massa fixa $c = C/m$, também concluíram que esta grandeza é diretamente proporcional a calor específico. Vale ressaltar que os alunos de cada grupo tiveram uma visão rápida da análise comparativa, e tiraram conclusões com muita agilidade nesta parte da aula. O conceito de calor específico e capacidade térmica ficou fixado com clareza na maioria dos alunos, a partir desta aula eles foram capazes de entender vários fenômenos que ocorrem no dia a dia como podemos ver na próxima aula da sequência.

5.1.4 – Aula 4: Fenômenos relacionados com o calor

No início da aula fizemos uma provocação aos estudantes colocando no quadro negro a seguinte pergunta “Existe alguma coisa que não esteja relacionada com calor?”. Assim os grupos puderam correlacionar o mundo que nos cerca pelo prisma do calor, da energia interna e da temperatura. É necessário ressaltar o poder de uma boa frase motivacional, é importante procurar construir frases que desafiem o “querer pensar” do aluno, que muitas vezes não participa por não se sentir intrigado com o assunto. Em todas as turmas o debate foi acalorado, com muitos questionamentos e observações. Sempre que esclarecia algum questionamento preferia salientar coisas que estavam perto do nosso convívio cotidiano, no caso a escola. Este procedimento é útil pois faz com que o aluno desenvolva uma memória visual, a qual ele possa relacionar com os conceitos da calorimetria, ou seja, fazer um link entre a realidade vivida com o conhecimento científico. Citamos o exemplo da cozinha do colégio, onde temos prato de alumínio e de plástico, perguntamos se já tinham

2. (Puccamp-SP) Sobre o conceito de calor pode-se afirmar que se trata de uma:

- a) medida da temperatura do sistema.
- b) forma de energia em trânsito.
- c) substância fluida.
- d) quantidade relacionada com o atrito.
- e) energia que os corpos possuem.

3. (Osec-SP) O fato de o calor passar de um corpo para outro deve-se a:

- a) quantidade de calor existente em cada um.
- b) diferença de temperatura entre eles.
- c) energia cinética total de suas moléculas.
- d) o número de calorias existentes em cada um.
- e) nada do que se afirmou acima é verdadeiro.

4. (Fatec-SP) Calor é a energia que se transfere de um corpo para outro em determinada condição. Para esta transferência de energia é necessário que:

- a) entre os corpos exista vácuo.
- b) entre os corpos exista contato mecânico rígido.
- c) entre os corpos exista ar ou um gás qualquer.
- d) entre os corpos exista uma diferença de temperatura.
- e) nenhuma das anteriores.

5. (PUC-SP) Assinale a frase mais correta conceitualmente.

- a) "Estou com calor."
- b) "Vou medir a febre dele."
- c) "O dia está quente; estou recebendo muito calor."
- d) "O dia está frio; estou recebendo muito frio."
- e) As alternativas e e d estão corretas.

6. (UECE) Considerem-se as unidades caloria e joule. É correto afirmar:

- a) A caloria pode ser transformada em joule.
- b) O joule é maior que a caloria.
- c) A caloria e o joule são iguais.
- d) A caloria é maior do que o joule.

7. (Fatec-SP) Três corpos encostados entre si estão em equilíbrio térmico. Nessa situação:

- a) os três corpos apresentam-se no mesmo estado físico.
- b) a temperatura dos três corpos é a mesma.
- c) o calor contido em cada um deles é o mesmo.
- d) o corpo de maior massa tem mais calor que os outros dois.

8. Dois corpos A e B de massa m_A e m_B estão inicialmente à temperatura T_A e T_B , respectivamente com $T_A \neq T_B$. Num dado instante, eles são postos em contato térmico. Após atingir o equilíbrio térmico, teremos:

- a) $T_A > T_B$
- b) $T_A = T_B$
- c) $T_A < T_B$

9. (Fatec-SP) Um sistema A está em equilíbrio térmico com outro B e este não está em equilíbrio térmico um outro C. Então, podemos dizer que:

- a) os sistemas A e C possuem a mesma quantidade de calor.
- b) a temperatura de A é diferente da de B.
- c) os sistemas A e B possuem a mesma temperatura.
- d) a temperatura de B é diferente da de C, mas C pode ter temperatura igual à do sistema A.
- e) nenhuma das anteriores.

10. As forças de coesão entre as moléculas de uma substância:

- a) são mais intensas no estado gasoso do que nos estados sólido e líquido, em virtude de maior agitação.

- b) são menos intensas no estado sólido do que nos estados gasoso e líquido, em vista da estrutura cristalina.
- c) não dependem do estado de agregação da substância.
- d) têm maior intensidade no estado sólido e menos intensidade no estado gasoso.
- e) têm intensidade desprezível no estado sólido.

As equipes fizeram com a participação de todos os seus membros, até os alunos que habitualmente não costumam se empenhar muito na resolução de exercícios se engajaram na resolução, todas as equipes entregaram ao final da aula a lista solucionada. Ao corrigir e analisar a lista, podemos perceber que o conhecimento básico sobre calorimetria tinha se fixado no cerne de cada equipe.

Os alunos receberam também atividades quantitativas sobre o conteúdo para serem resolvidas em casa e entregue na próxima aula, que conta do anexo II. Ao corrigir estas atividades percebemos uma dificuldade na resolução de exercícios que demandam contas, algo que já era esperado, pois o déficit na base matemática dos alunos que vem do ensino fundamental aumenta a cada ano, venho presenciando este nível decrescente nos meus 20 anos de magistério. Sugiro que sempre que possível o professor de física trabalhe em conjunto com o professor de matemática, para juntos diminuirmos este desfite, traçando metas conjuntas e elaborando projetos para cumprir essas metas

5.1.5 - Aula 5: Simulação computacional

Nesta aula o foco era o aprendizado da física junto com a inclusão digital, pois identificamos que os laboratórios de informática das escolas estaduais raramente são utilizados para o ensino científico. Levamos os alunos para a sala de informática onde trabalhamos com o simulador do PHET (https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/energy-forms-and-changes), utilizamos a simulação denominada *Formas de energia e transformações*.

Figura 15: Simulador PHET



Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/energy-forms-and-changes

As equipes no primeiro momento da aula manipularam o simulador para conhecer a ferramenta didática virtual, algo que eles dominaram com facilidade, em seguida foi proposta a atividade que cada equipe. Explicar através do simulador algum conhecimento adquirido das aulas anteriores. O simulador foi ligado ao projetor, cada equipe se dividiu de forma que alguns alunos operavam o simulador e outros faziam a apresentação. Cada equipe teve o tempo máximo de apresentação de 5 minutos, em cada apresentação, interagíamos como mediador e as outras equipes fizeram o papel de ouvintes críticos. Sempre que discordavam ou queriam comentar alguma coisa se dirigiam ao mediador, escutávamos e interagíamos fazendo comentários, integrando a apresentação as outras equipes.

Figura 16: Foto da apresentação dos alunos



Fonte: Acervo do autor

Foi uma aula muito rica, pois possibilitou que os alunos se tornassem parte ativa no processo de ensino aprendizagem, desta forma vários conceitos estudados anteriormente voltaram a ser lembrados, rediscutidos, ajudando assim a consolidar os conceitos de capacidade térmica e calor específico, energia térmica, energia térmica e outros conceitos de calorimetria e transferência de calor. O engajamento dos alunos foi ótimo nesta atividade, além da inclusão digital que ocorre paralelamente, aproveitando assim toda estrutura oferecida nas escolas de aplicação.

5.1.6 – Aula 6: Equilíbrio Térmico e Transferência de Calor

Começamos a aula entregando o roteiro do experimento, disponível no anexo III, disponibilizamos a cada equipe os paralelogramos, blocos de alumínio e de cobre para serem utilizados com o produto educacional. Os alunos já conheciam o produto educacional experimental da aula 3, assim apenas orientamos a prática experimental. As equipes seguiram o roteiro e a primeira questão levantada, em todas as turmas, foi a unidade de medida da massa, se era em grama ou quilograma. Pedimos para que observassem a unidade do calor específico, concluímos em debate que apesar do sistema internacional de unidades a massa ser dada em quilogramas, no nosso experimento, utilizaríamos a massa em grama, pois assim não precisaríamos transformar o valor do calor específico em $\text{cal/Kg}^{\circ}\text{C}$.

Figura 17: Foto dos alunos aferindo a massa dos blocos



Fonte: Acervo do autor

Os alunos de cada equipe se organizaram, uns mediam e outros faziam as anotações da variação de temperatura ocorrida em 1 minuto em cada um dos blocos e utilizando a tabela de calor específico calcularam a quantidade de calor absorvida por cada bloco.

Figura 18: Foto das equipes realizando os cálculos

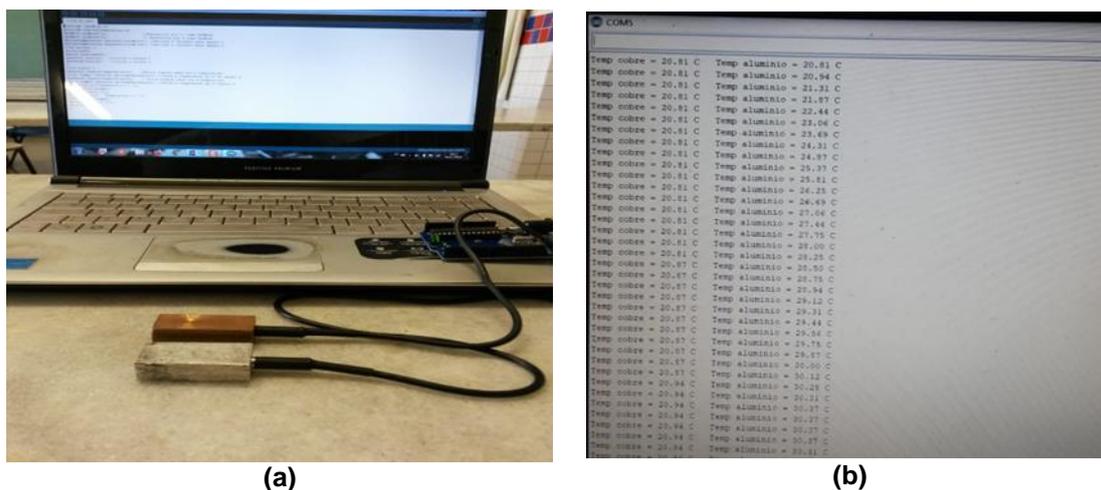


Fonte: Acervo do autor

Em seguida partiram para o segundo experimento, as equipes aqueceram um dos blocos até o intervalo pedido, esse procedimento foi executado com facilidade pelas equipes em decorrência de já terem trabalhado com o produto educacional. Após aquecerem um dos blocos colocaram em contato com o outro, que se encontrava aproximadamente a temperatura ambiente, como puderam

perceber ao aferirem a medida de sua temperatura. Ao acompanharem o monitor foram percebendo que um bloco aumentava sua temperatura e o outro reduzia, até alcançarem a temperatura de equilíbrio térmico, cada equipe encontrou uma temperatura de equilíbrio diferente. Alguns perguntaram qual a equipe tinha encontrado o resultado correto da temperatura de equilíbrio e foi explicado que o resultado poderia ser diferente pois cada equipe escolheu um bloco diferente para aquecer inicialmente e a temperatura inicial do bloco aquecido foi diferente para cada equipe. Explicamos também que a nossa fonte de calor não é perfeita, pois nosso mini maçarico varia a intensidade de calor liberada à medida que o nível do gás vai diminuindo e que o nosso sistema não é perfeito pois a perda de energia para o meio e o equilíbrio térmico ocorre não só entre os corpos mas também com a superfície de contato onde foram colocados.

Figura 19: (a) Foto dos blocos nos sensores; (b) Foto do monitor do arduino



Fonte: Acervo do autor

Por fim as equipes debateram os resultados, e novamente agimos como mediador. Os debates foram produtivos e percebemos que o conceito de calor, calor específico, capacidade térmica estava cada vez mais enraizado no pensamento dos alunos. Neste ponto da sequência didática, a maior parte dos alunos já conseguiam falar sobre o básico do tema calorimetria com propriedade e segurança. As partes experimentais da sequência são de grande valia, pois os alunos se interessam e se engajam bastante. Estes fatores são aspectos essenciais para o aprendizado de física, pois é de atividades motivadoras que necessitamos para despertar os alunos que na maioria das vezes ficam apáticos em uma aula convencional de física.

5.1.7 – Aula 7: Avaliação Lúdica Quantitativa e Qualitativa

Para finalizarmos a sequência didática utilizamos o jogo Computador do Saber (PROJETO CRIANÇA FELIZ, 2000), um jogo de perguntas e respostas de baixo custo, que nos possibilita inserir perguntas e respostas, pois vem com fichas em branco para serem preenchidas. Elaboramos fichas para o jogo com perguntas qualitativas e quantitativas relativas ao conceito de calor, calor específico, capacidade térmica, processos de transferência de calor, que se encontra no anexo IV. Apesar de ser um jogo infantil simples, ele intrigou os alunos, pois funciona através de repulsão magnética. Os alunos escolhem o número das perguntas de um lado, ao retirarem a peça que está marcando o número da pergunta e colocarem do outro lado do jogo, a força magnética de repulsão gira a peça para o número da carta que contém a resposta.

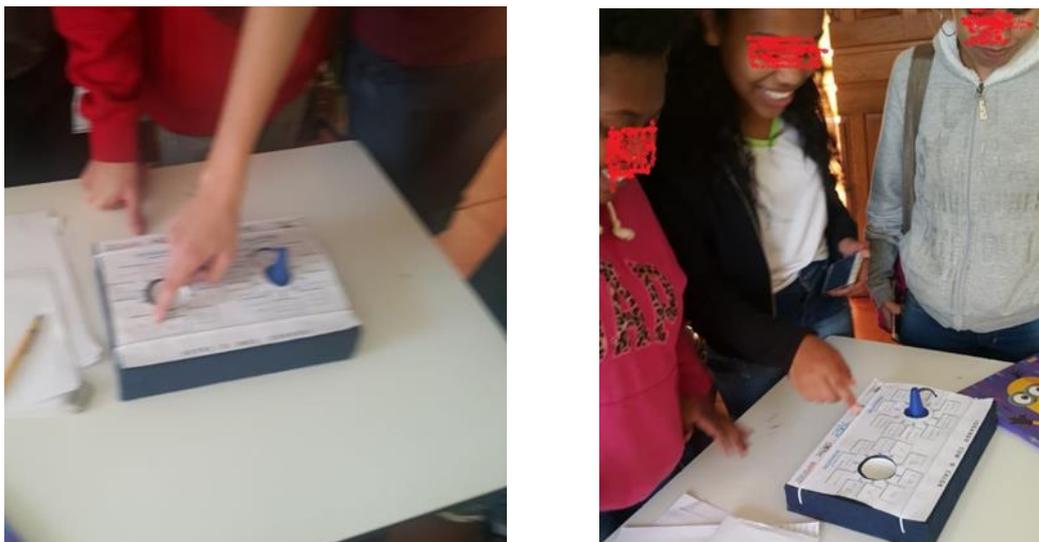
Figura 20: Folha de rosto do jogo



Fonte: autoria própria

As equipes escolhiam entre si o aluno que responderia à pergunta, o aluno escolhia o número que continha a pergunta, lia a ficha da pergunta correspondente e, em seguida, respondia. Logo após conferia o número da resposta no tabuleiro do jogo e pegava o cartão resposta referente ao número que o tabuleiro do jogo indicou. As fichas de perguntas e resposta constam do anexo V. Foram realizadas 6 perguntas para cada equipe, que escolhiam o representante para responder as perguntas, sem poder repetir aluno da equipe, somente houve repetição quando a equipe tinha aluno que faltou a aula da sequência didática.

Figura 21: Foto dos alunos na avaliação lúdica



Fonte: Acervo do autor

Esta aula foi útil para verificar o que foi desenvolvido pelo aluno em todas as aulas da sequência. Nas perguntas tínhamos várias que foram aplicadas na aula 4, isto foi realizado com o intuito de mostrar ao aluno que as atividades de casa são tão importantes quanto as realizadas na sala e aula e para conferir se o aluno fez as atividades ou simplesmente copiou. As demais questões foram novas, com o intuito de ver o qual foi o entendimento sobre o tema proposto por parte do aluno.

Este tipo de avaliação possibilita que o aluno teste seu conhecimento sem aquela pressão que é uma prova tradicional de física. O clima da aula nem parecia ser avaliação, os jogos didáticos motivam, engajam e fazem com que o aluno seja avaliado de uma forma diferenciada, eles realizaram as atividades avaliativas com mais prazer.

Em relação ao jogo, não necessariamente precisamos utilizar o computador do saber, podemos substituir fazendo pequenas alterações que constam do manual do produto, por diversos jogos como baralho, dado, jogo da memória entre outros. Os resultados ficaram dentro do esperado, a maioria das equipes acertou os exercícios já conhecidos, e erraram alguns dos novos exercícios. De forma geral, a maioria das equipes alcançaram um rendimento aceitável dentro do padrão de média avaliativa usadas nas instituições de ensino da rede pública e privada que é um patamar de acerto igual ou maior que 60%.

As equipes tiveram um rendimento entre $65\% \leq \text{NOTA} \leq 90\%$ de aproveitamento nesta avaliação lúdica.

Capítulo 6

Análise dos Resultados

Todas as aulas da sequência foram avaliadas com o intuito de fazer uma avaliação continuada que possibilita avaliar o aluno em momentos diferentes sobre o tema proposto, facilitando a identificação da construção do conhecimento a cada aula. Por se tratar de uma sequência didática a presença em todos os módulos de aula são essenciais, desta forma a presença efetiva também foi valorizada. Fizemos a apresentação dos resultados por turma, apesar da sequência ter sido realizada em equipe. Cada aluno teve uma nota individual além da nota da equipe, que levou em conta a participação efetiva, o desenvolvimento organizado dos experimentos, a presença em todas as aulas da sequência, o número de acertos nas atividades qualitativas e quantitativas entre outros critérios avaliativos que descreveremos no decorrer deste capítulo.

Para uma análise utilizamos as notas obtidas pelas turmas de 2017 no mesmo conteúdo e comparamos com as notas obtidas em 2018. Da Escola Estadual Deputado Oliveira Souza, trabalhamos com três turmas do ensino regular (2º ano Azul, 2º ano Verde e 2º ano Vermelho), já na Escola Estadual Professor Irineu Guimarães, implementamos a sequência na única turma do ensino regular o 2º ano A. Um fator que favoreceu a análise dos dados, por ser efetivo nas duas escolas, foi a oportunidade de lecionar este conteúdo nos anos de 2017 e 2018.

Por se tratar de uma sequência didática diversificada a avaliação foi continuada, em toda aula avaliamos os alunos da seguinte forma:

Aula 1 – Frequência, texto e debate;

Aula 2 – Frequência, texto e engajamento;

Aula 3 – Frequência, experimento e construção do gráfico;

Aula 4 – Frequência, debate e atividades qualitativas e quantitativas;

Aula 5 – Frequência e apresentação;

Aula 6 - Frequência e experimento;

Aula 7 – Frequência e atividade lúdica.

É evidente que presença é a parte chave para o bom desempenho da sequência. Alguns alunos faltaram a alguma aula e desta forma se prejudicaram e também a equipe. Muitos questionaram que não seria justo a equipe ser

prejudicada na avaliação por conta de componentes irresponsáveis. Esclarecemos aos alunos o conceito de equipe, conceito este que é essencial na sociedade atual, e exemplificamos com a estrutura do colégio, composta de diretor, supervisor, cantineira e alunos. Citamos que se o professor falta o aluno não tem aula, se a cantineira falta não tem merenda, mesmo não sendo culpa dos alunos eles ficam prejudicados quando a equipe não se engaja com compromisso e responsabilidade, desta forma acalmamos os ânimos sobre este fato.

Analizamos o rendimento dos alunos após a aplicação da sequência didática e usando como parâmetro a média que é requerida nas escolas estaduais e em várias escolas de nosso país, que é de nota maior ou igual a seis pontos. A análise da nossa aplicação foi realizada sobre duas óticas: alunos presentes em toda sequência didática (APTSD) e alunos presentes parcialmente a sequência didática (APPSD). É importante relatar que a análise foi imparcial com todas as turmas e alunos. O desempenho em percentual demonstra a efetividade da sequência, sendo maior do que esperado principalmente os alunos que sempre tinham notas abaixo da média e, após a sequência, conseguiram alcançar a média proposta.

Os alunos se surpreenderam com suas notas, já que da maneira tradicional de aula muito mal conseguiam a média, este fator é importante pois motivou muitos alunos nas outras aulas durante a continuação do semestre, na tabela abaixo temos o rendimento percentual das turmas por alunos com média e sem média.

Tabela 5 Rendimento percentual por turma

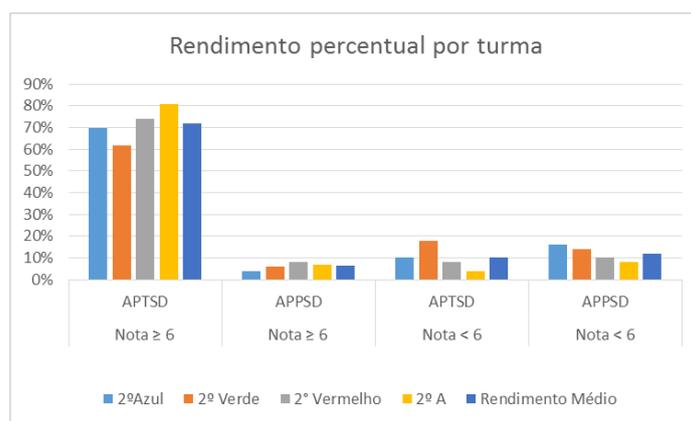
	Nota ≥ 6 APTSD	Nota ≥ 6 APPSD	Nota < 6 APTSD	Nota < 6 APPSD
2ºAzul	70 %	4 %	10 %	16 %
2º Verde	62 %	6 %	18 %	14 %
2º Vermelho	74 %	8 %	8 %	10 %
2º A	81 %	7 %	4 %	8 %
Rendimento Médio	71,75 %	6,25 %	10 %	12 %

Fonte: autoria própria

Podemos observar que 78% dos alunos obtiveram um rendimento dentro do recomendado com notas maiores ou iguais a seis, um rendimento muito bom se tratando de física. Os fatores principais que projetaram um rendimento abaixo do recomendado foram que dos 22% que não alcançaram a nota mínima, 12%

faltaram a mais de uma aula da sequência didática, sendo a frequência um fator avaliativo que esteve presente em todas as aulas. Os outros 10% que não conseguiram a nota mínima, apesar de estarem presente em todas as etapas da sequência didática, não se engajaram o suficiente, pois deixaram de executar alguma tarefa pedida, em especial a lista de exercícios quantitativos que foi enviada para casa, que além de avaliativa, voltou a ser cobrada como atividade na aula 7, que foi a avaliação lúdica.

Gráfico 1 Rendimento percentual por turma



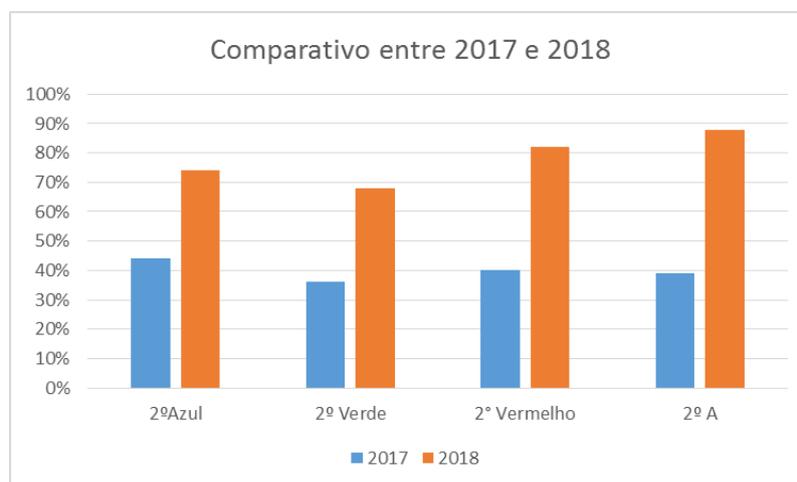
Fonte: autoria própria.

Ao analisarmos o rendimento do 2º ano A, da Escola Estadual Professor Irineu Guimarães, observamos um rendimento superior aos das demais turmas da Escola Estadual Deputado Oliveira Souza. Esse alto rendimento se deve ao formato da aula que na referida escola a sequência didática foi aplicada nas aulas de reposição de paralizações. Assim tivemos aulas extra turno e geminadas, os alunos vinham a escola unicamente para essa atividade, assim conseguimos um foco maior destes alunos.

Comparando os resultados entre as turmas nos anos de 2017 e 2018, vemos um grande crescimento no percentual avaliativo entre esses anos. Fica bastante nítido que o aprendizado da forma tradicional (quadro, giz e prova) desestimula o aluno a prática das ciências exatas, em especial a Física. No mundo atual, com transformações constantes, os ambientes virtuais dominado os jovens em quase todas as áreas, se torna praticamente inviável seguirmos unicamente o método tradicional. Por outro lado, um conjunto de aulas diversificadas, levando em conta os conhecimentos prévios, motiva e estimula os alunos á pratica da Física, pois desta forma estamos nos aproximando da

realidade vivida pelo aluno. Estes resultados comparativos estão expressos no gráfico abaixo.

Gráfico 2 Comparativo por turma 2017 x 2018



Fonte: autoria própria.

Para construirmos este gráfico utilizamos as notas obtidas por alunos obtidas no ano de 2017, sendo a nota da primeira avaliação que correspondia a matéria de calorimetria e metade dos pontos conceituais denominados no estado de Minas Gerais de Atitudinais e Procedimentais que totalizaram 10 pontos, valor de meio bimestre, pois na sequencia didática ocupa praticamente meio bimestre e nela foram distribuídos um total de 10 pontos.

Tabela 6 Rendimento médio por turma

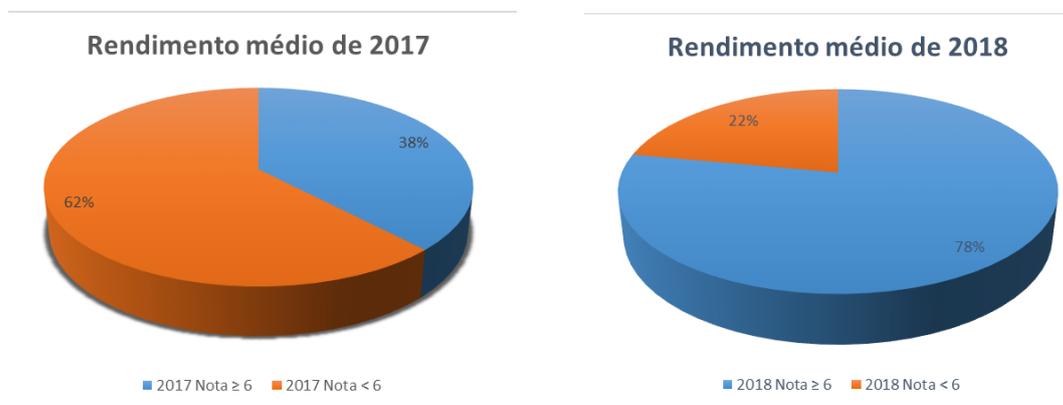
Turma/Ano	2017	2018
2º Azul	44%	74%
2º Verde	36%	68%
2º Vermelho	40%	82%
2º A	39%	88%

Fonte: autoria própria

Em uma análise global observamos que o número de alunos que alcançou um rendimento recomendado aumentou drasticamente, mostrando a importância de novas metodologias educacionais. Sabemos que aulas diversificadas demandam muito mais trabalho para o professor, que na maioria das vezes leciona em várias turmas em escolas diferentes, mas o resultado final e

recompensador. Em todos meus anos de sala de aula nunca tinha visto a maioria dos alunos se empenharem tanto, e isto refletiu diretamente no rendimento acadêmico deles.

Gráfico 3 Rendimento Global



Fonte: autoria própria

Capítulo 7

Considerações Finais

Apresentamos nesta dissertação o desenvolvimento e a aplicação de uma sequência didática diversificada baseada nos objetivos educacionais de Bloom, voltado para o aprendizado do conceito de Calorimetria. Essa sequência foi construída de forma a abordar várias ferramentas educacionais, desde o tradicional ao virtual. As atividades elaboradas revelaram uma maneira de colocar o aluno como sujeito ativo no processo de ensino aprendizagem do seu próprio conhecimento.

Nosso trabalho buscou analisar a sequência didática, a forma como foi estruturada e a maneira que o conceito de calor evoluiu ao decorrer das aulas. A sequência didática foi planejada com o propósito de ensinar o aluno os conceitos básicos de calorimetria junto ao seu cotidiano de uma maneira motivacional com várias atividades diferentes.

Consideramos a sequência didática aplicada como uma interessante abordagem alternativa dos conteúdos de Calorimetria, pois a mesma notadamente promove um trabalho global e integrado em equipes; ela promove a articulação das atividades de leitura, de escrita, de socialização, de experimentação e de apresentações com auxílio de simulações de acordo com um calendário que possibilita o professor aplicar a sequência sem ter que abrir mão dos demais conteúdos do segundo ano do ensino médio.

Ao elaborarmos este material, tínhamos o conhecimento dos equívocos que a maioria dos alunos trazia sobre a calorimetria, devido ao senso comum de relacionar calor com temperatura elevada, o conceito que agasalho esquentava ou pela maneira mecanizada de reproduzir as informações do livro didático. É claro e notório que o aluno, por vezes, fica distante dos objetivos propostos em sala de aula, devido a desmotivação que só o quadro e giz traz a uma geração de alunos totalmente ligados a internet.

É preciso despertar no aluno a sua vontade de aprender dado conteúdo e criando-se um vínculo entre o conhecimento prévio e o novo saber. A nova informação se incorpora a sua estrutura cognitiva que se reorganiza e se prepara

como base para aquisição de mais saberes. A construção do conhecimento é constante.

Almejamos que este trabalho possa fazer que tanto os alunos quanto os professores percebam a importância de uma aula diversificada, fator fundamental para construção do conhecimento. Que os alunos possam cobrar abordagens diferenciadas e que os professores possam proporcionar uma educação mais descentralizadoras, colocando o aluno como ator principal do processo de ensino aprendizagem.

É com grande prazer que manifestamos bons resultados após a aplicação deste trabalho. É muito importante repensar nossa prática em sala de aula e constatar como é recompensador planejar cuidadosamente as atividades apresentadas em sala, refletindo sobre quais as habilidades são pretendidas ao término de cada aula.

Referências

ANDERSON, L. W. et. al. **A taxonomy for learning, teaching and assessing:** a revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives. Nova York: Addison Wesley Longman, 2001.

ARDUINO – Home <https://www.arduino.cc>

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

BASSALO, J. M. A crônica do calor. In: BASSALO, J. M. **Crônicas da Física:** tomo 3. Belém: Universitária UFPA, p. 849-933, 1992.

BLOOM, B. S. et al. **Taxonomy of educational objectives.** New York: David Mckay, 1956. 262 p. (v. 1)

BRASIL. PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC; SEMTEC, 2002.

CABRAL, F.; LAGO, A. Física 2. 1. ed. São Paulo: Harbra, 2002. v. 2.

Calor. 4. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2002. v. 2.

FULLER, U. et. al. (2007) "Developing a Computer Science-Specific Learning Taxonomy", In: SIGCSE Bulletin, USA, 2007, v. 39, n. 4.

GASPAR, A. Física: Ondas, Óptica, Termodinâmica. 1. ed. São Paulo: Ática, 2000. v. 1.

GNU. O Software Livre é mais confiável! - Projeto GNU. Disponível em: <https://www.gnu.org › software › reliability.pt-br.html>

GOMES, Luciano Carvalhais. A ascensão e queda da teoria do calórico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 29, n. 3, p. 1030-1073, dez. 2012. ISSN 2175-7941. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2012v29n3p1030>>. Acesso em: 10 mar. 2019. doi:<https://doi.org/10.5007/2175-7941.2012v29n3p1030>.

HAWKES, Jacquetta; WOOLLY, Sir Leonard. **Prehistory and the Beginnings of Civilization.** New York: Harper and Row for the International Commission for a History of the Scientific and Cultural Development of Mankind. 1963.

KRATHWOHL, D. R. (2002) "**A revision of bloom's taxonomy: an overview**", In: Theory into Practice, n. 41, v. 4.

MATOS, Daniel Abud Seabra; BROWN, Gavin Thomas Lumsden; CIRINO, Sérgio Dias. Concepções de avaliação de alunos universitários: uma revisão da

literatura. **Est. Aval. Educ.**, São Paulo, v. 23, n. 52, p. 204-231, maio/ago. 2012.

MÁXIMO, A.; ALVARENGA, B. **Curso de Física**. 5. ed. São Paulo: Scipione, 2000. v. 2.

MINAS GERAIS. Secretaria do Estado de Educação. Conteúdo Básico Comum: CBC Física. Belo Horizonte, 2007. 17 p.

MIRAS, M. Um ponto de partida para a aprendizagem de novos conteúdos: Os conhecimentos prévios In Coll C. et al. (Eds.), **O construtivismo na sala de aula**. São Paulo: Ática, 1998.

MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999.

MOREIRA, Marco Antonio. **Teorias de aprendizagem**. – 2. ed. ampl. - São Paulo: EPU, 2011.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica: Fluidos, Oscilações e Ondas**,

PROJETO CRIANÇA FELIZ. Dracena. Avenida Alcides Chacon Couto, 1393 - Metropole - Dracena - SP

RAMALHO JUNIOR, F.; FERRARO, N. G.; SOARES, P. A. T. **Os fundamentos da Física 2: Termologia, Óptica, Ondas**. 9. ed. São Paulo: Moderna, 2007. v. 2.

SERWAY, R. A.; JEWETT JUNIOR, J. W. **Princípios de Física: Movimento Ondulatório e Termodinâmica**. Tradução: André Koch Torres Assis. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2005. v. 2.

SILVEIRA, Sérgio Amadeu; CASSINO, João (orgs.). **Software livre e inclusão digital**. São Paulo, Conrad Editora, 2003.

SIMULADORES em física, Disponível em:
<https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/energy-forms-and-hanges>.
Acesso 19 outubro 2017

TAVARES, Romero et al. Objetos de Aprendizagem: uma proposta de avaliação da aprendizagem significativa. In: **Objetos de aprendizagem: uma proposta de recurso pedagógico/Organização: Carmem Lúcia Prata, Anna Christina Aun de Azevedo Nascimento**. Brasília: MEC, SEED, 2007.

Apêndice I - Folha de coleta de dados

Escola	Equipe	Turma	Referência dos alunos
Tempo (s)	Alumínio	Cobre	Cerâmica
5			
10			
15			
20			
25			
30			
35			
40			
45			
50			
55			
60			
65			
70			
75			
80			
85			
90			
95			
100			
105			
110			
115			
120			

Apêndice II - Exercícios Quantitativos

Escola	Turma	Nome	Desempenho
--------	-------	------	------------

1. (PUC-SP) Na escala Fahrenheit, sob pressão normal, a água ferve na temperatura de:

- a) 80°F b) 100°F c) 148°F d) 212°F e) 480°F

2. (F.M.Pouso Alegre-MG) O termômetro Celsius marca 0 na temperatura do gelo fundente e 100 na temperatura de ebulição da água, sob pressão atmosférica. O termômetro Fahrenheit marca 32 e 212, respectivamente, nessas temperaturas. Quando o termômetro Celsius marcar 40°C, o Fahrenheit marcará:

- a) 8,0 b) 72 c) 104 d) 132 e) 140

3. (Fuvest-SP) A televisão notícia que a temperatura em Nova Iorque chegou aos 104 graus (naturalmente 104 graus Fahrenheit). Converta para graus Celsius.

- a) 44°C b) 40°C c) 36°C d) 30°C e) 0°C

4. (Unimep-SP) Numa das regiões mais frias do mundo, o termômetro indica -76°F. Qual será o valor dessa temperatura na escala Kelvin?

- a) -60 b) 213,15 c) -50,4 d) -103 e) 76,15

5. (U.F. Uberlândia – MG) A temperatura normal do corpo humano é, em média, de 36°C. Se uma pessoa está com 39°C, qual a sua variação de temperatura na escala Fahrenheit?

- a) 3,6°F b) 5,2°F c) 3,3°F d) 4,6°F e) 5,4°F

5. Quantas calorias são necessárias para transformar 100 g de gelo, a -20°C, em água a 60°C? O gelo se funde a 0°C, tem calor específico 0,5 cal/g.°C e seu calor latente de fusão é 80 cal/g. O calor específico da água é 1 cal/g.°C. Construa a curva de aquecimento do sistema.

6. No alto do Monte Everest, a água ferve a 75°C. Calcule quantas calorias devem ser recebidas por 100 g de água inicialmente a 10°C até a total vaporização. O calor latente de vaporização da água a 75°C é 554 cal/g.

7. Tem-se 300 g de um certo líquido à temperatura de 30°C. Fornecendo-se 600 cal diretamente a esse líquido, sua temperatura sobe para 35°C. Sabe-se que esse fenômeno é regido pela expressão $Q = m.c.\Delta T$. Pede-se o valor do calor específico do líquido.

8. Uma fonte térmica que fornece 100 cal/min leva uma hora para fundir, a temperatura de fusão, um sólido de calor latente de fusão 150 cal/g. Determine a massa do sólido.

Apêndice III – Roteiro do Experimento

Escola	Turma	Equipe	Referência dos Alunos
--------	-------	--------	-----------------------

Experimento I

Medir a quantidade de calor absorvida pelo bloco de cobre e pelo bloco de alumínio em um intervalo de tempo de 1 minuto.

Procedimento:

- medir a massa dos blocos;
- consultar no livro didático o valor do calor específico dos materiais;
- medir a temperatura inicial de cada bloco;
- medir a temperatura final de cada bloco após 1 minuto;
- realizar os cálculos e analisar os resultados;
- Qual corpo recebeu calor e qual cedeu, qual o módulo dessas grandezas.

Experimento II

Medir a temperatura de equilíbrio térmico dos blocos

- medir a massa dos blocos;
- consultar o valor do calor específico dos materiais;
- medir a temperatura inicial de um bloco;
- aquecer o outro bloco a uma temperatura contida no intervalo ($30 \leq T \leq 50$);
- colocar os corpos em contato e observar a temperatura final, debater com as outras equipes o resultado.

Substância	Calor específico (cal/g.°C)
Água	1
Alumínio	0,214
Amônia (líquida)	1,125
Bromo (sólido)	0,088
Bromo (líquido)	0,107
Cobre	0,0921
Clorato de sódio	0,204
Chumbo	0,0308
Etanol	0,581
Gelo	0,502
Lítio	1,041
Mercúrio	0,03325
Areia	0,225

Apêndice IV - Perguntas utilizadas nas fichas do jogo didático

Lista 1

1. Escolha a opção que completa corretamente as lacunas do texto: “Por muito tempo, na história da Física, considerou-se que o calor era uma propriedade dos corpos, que a possuíam em uma quantidade finita. Esse conceito errôneo desapareceu no final do século XVIII. Hoje sabe-se que o calor é uma forma de (1)_____ e, portanto, não tem sentido falar em (2)_____”.

- a) (1) energia em trânsito (2) calor contido nos corpos
- b) (1) temperatura (2) aquecimento dos corpos
- c) (1) pressão (2) energia interna dos corpos
- d) (1) força (2) trabalho realizado por um corpo
- e) (1) momento (2) energia cinética de um corpo

2. (Puccamp-SP) Sobre o conceito de calor pode-se afirmar que se trata de uma:

- a) medida da temperatura do sistema.
- b) forma de energia em trânsito.
- c) substância fluida.
- d) quantidade relacionada com o atrito.
- e) energia que os corpos possuem.

3. (Osec-SP) O fato de o calor passar de um corpo para outro deve-se a:

- a) quantidade de calor existente em cada um.
- b) diferença de temperatura entre eles.
- c) energia cinética total de suas moléculas.
- d) o número de calorías existentes em cada um.
- e) nada do que se afirmou acima é verdadeiro.

4. (Fatec-SP) Calor é a energia que se transfere de um corpo para outro em determinada condição. Para esta transferência de energia é necessário que:

- a) entre os corpos exista vácuo.
- b) entre os corpos exista contato mecânico rígido.
- c) entre os corpos exista ar ou um gás qualquer.

- d) entre os corpos exista uma diferença de temperatura.
- e) nenhuma das anteriores.

5. (PUC-SP) Assinale a frase mais correta conceitualmente.

- a) “Estou com calor.”
- b) “Vou medir a febre dele.”
- c) “O dia está quente; estou recebendo muito calor.”
- d) “O dia está frio; estou recebendo muito frio.”
- e) As alternativas c e d estão corretas.

6. (UECE) Considerem-se as unidades caloria e joule. É correto afirmar:

- a) A caloria e o joule não podem ser comparados, porque a caloria é unidade de quantidade de joule é unidade de energia.
- b) O joule é maior que a caloria.
- c) A caloria e o joule são iguais.
- d) A caloria é maior do que o joule.

7. (Fatec-SP) Três corpos encostados entre si estão em equilíbrio térmico. Nessa situação:

- a) os três corpos apresentam-se no mesmo estado físico.
- b) a temperatura dos três corpos é a mesma.
- c) o calor contido em cada um deles é o mesmo.
- d) o corpo de maior massa tem mais calor que os outros dois.
- e) nenhuma das anteriores.

8. Dois corpos A e B de massa m_A e m_B estão inicialmente à temperatura T_A e T_B , respectivamente com $T_A \neq T_B$. Num dado instante, eles são postos em contato térmico. Após atingir o equilíbrio térmico, teremos:

- a) $T_A > T_B$
- b) $T_A = T_B$
- c) $T_A < T_B$

9. (Fatec-SP) Um sistema A está em equilíbrio térmico com outro B e este não está em equilíbrio térmico um outro C. Então, podemos dizer que:

- a) os sistemas A e C possuem a mesma quantidade de calor.
- b) a temperatura de A é diferente da de B.
- c) os sistemas A e B possuem a mesma temperatura.
- d) a temperatura de B é diferente da de C, mas C pode ter temperatura igual à do sistema A.
- e) nenhuma das anteriores.

10. As forças de coesão entre as moléculas de uma substância:

- a) são mais intensas no estado gasoso do que nos estados sólido e líquido, em virtude de maior agitação.
- b) são menos intensas no estado sólido do que nos estados gasoso e líquido, em vista da estrutura cristalina.
- c) não dependem do estado de agregação da substância.
- d) têm maior intensidade no estado sólido e menor intensidade no estado gasoso.
- e) têm intensidade desprezível no estado sólido.

Lista 2

1. (UFRS) A quantidade de calor necessária, em média, para elevar de 1°C a temperatura de 1 g de uma substância igual, numericamente, à grandeza:

- a) capacidade térmica. b) equivalente térmico c) calor de fusão
- d) calor latente e) calor específico.

2. Tem-se 300 g de um certo líquido à temperatura de 30°C . Fornecendo-se 600 cal diretamente a esse líquido, sua temperatura sobe para 35°C . Sabe-se que esse fenômeno é regido pela expressão $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$. Pede-se o valor do calor específico do líquido.

3. (Unitau-SP) Um líquido está a -10°C . Se o calor específico desse líquido é $0,5 \text{ cal/g} \cdot ^{\circ}\text{C}$, uma fonte que fornece 50 cal/min deverá aquecer 100 g desse líquido até atingir 30°C em:

- a) 10 min b) 25 min c) 40 min d) 50 min e) nenhuma das anteriores

4. Sendo $L_s = -80 \text{ cal/g}$ o calor latente de solidificação da água, calcule quantas calorias devem perder 600 g de água líquida, a 20°C , até sua total solidificação. O calor específico da água é $1 \text{ cal/g} \cdot ^{\circ}\text{C}$.

5. Quantas calorias são necessárias para transformar 100 g de gelo, a -20°C , em água a 60°C ? O gelo se funde a 0°C , tem calor específico $0,5 \text{ cal/g} \cdot ^{\circ}\text{C}$ e seu calor latente de fusão é 80 cal/g . O calor específico da água é $1 \text{ cal/g} \cdot ^{\circ}\text{C}$. Construa a curva de aquecimento do sistema.

6. Temos 50 g de vapor de água a 120°C . Que quantidade de calor deve ser perdida até o sistema ser formado por 50 g de água líquida a 70°C ? Sabe-se que o vapor se condensa a 100°C com calor latente $L_c = -540 \text{ cal/g}$. Os calores específicos valem $0,48 \text{ cal/g}\cdot^{\circ}\text{C}$ para o vapor e $1,0 \text{ cal/g}\cdot^{\circ}\text{C}$ para o líquido. Construa ainda a curva de resfriamento correspondente ao processo.

7. Uma fonte térmica que fornece 100 cal/min leva uma hora para fundir, à temperatura de fusão, um sólido de calor latente de fusão 150 cal/g . Determine a massa do sólido.

8. Numa panela de pressão, a água entra em ebulição a 120°C . Quantas calorias são necessárias para aquecer e depois vaporizar totalmente 70 g de água, cuja temperatura inicial é 50°C ? O calor latente de vaporização da água a 120°C vale $523,1 \text{ cal/g}$ e o calor específico médio da água líquida é igual a $1 \text{ cal/g}\cdot^{\circ}\text{C}$.

9. No alto do Monte Everest, a água ferve a 75°C . Calcule quantas calorias devem ser recebidas por 100 g de água inicialmente a 10°C até a total vaporização. O calor latente de vaporização da água a 75°C é 554 cal/g .

10. (F. Getúlio Vargas-SP) A quantidade de calor necessária para transformar 200 g de gelo a 0°C em água a 20°C é, em calorias: (Dados: calor de fusão do gelo = 80 cal/g ; calor específico da água = $1 \text{ cal/g}\cdot^{\circ}\text{C}$.)

- a) 2000 b) 4000 c) 8000 d) 16000 e) 20000

Lista 3

1. (PUC-SP) Na escala Fahrenheit, sob pressão normal, a água ferve na temperatura de:

- a) 80°F b) 100°F c) 148°F d) 212°F e) 480°F

2. (F.M.Pouso Alegre-MG) O termômetro Celsius marca 0 na temperatura do gelo fundente e 100 na temperatura de ebulição da água, sob pressão atmosférica. O termômetro Fahrenheit marca 32 e 212, respectivamente, nessas temperaturas. Quando o termômetro Celsius marcar 40°C , o Fahrenheit marcará:

- a) 8,0 b) 72 c) 104 d) 132 e) 140

3. (Fuvest-SP) A televisão noticia que a temperatura em Nova Iorque chegou aos 104 graus (naturalmente 104 graus Fahrenheit). Converta para graus Celsius.

- a) 44°C b) 40°C c) 36°C d) 30°C e) 0°C

4. (Unimep-SP) Numa das regiões mais frias do mundo, o termômetro indica -76°F. Qual será o valor dessa temperatura na escala Kelvin?

- a) -60 b) 213,15 c) -50,4 d) -103 e) 76,15

5. (U.F. Uberlândia – MG) A temperatura normal do corpo humano é, em média, de 36°C. Se uma pessoa está com 39°C, qual a sua variação de temperatura na escala Kelvin?

- a) 36K b) 312K c) 234K d) 39K e) 3K

6. (OSEC.SP) Numa cidade americana o termômetro marca 0°F. Em graus Kelvin essa temperatura vale, aproximadamente:

- a) 32 b) 0 c) -17,8 d) -32 e) 255,4

7. Numa cidade baiana o termômetro marca 30°C. Em graus Rankine essa temperatura vale, aproximadamente:

- a) 303 b) 86 c) 546 d) 492 e) 446

8. (UCMG) Se flui calor de um corpo A para um corpo B, afirma-se que:

- a) a temperatura de A é maior que a de B.
b) a capacidade térmica de A é maior que a de B.
c) o calor específico de A é maior que o de B.
d) A é melhor condutor que B.
e) A tem maior quantidade de calor que B.

9. (F.M. Pouso Alegre-MG) Você coloca a extremidade de uma barra de ferro sobre a chama, segurando-a pela outra extremidade. Dentro de pouco tempo

você sente, através do tato, que a extremidade que você segura está se aquecendo. Podemos afirmar que:

- a) não houve transferência de energia no processo.
- b) o calor se transferiu por irradiação.
- c) o calor se transferiu por convecção.
- d) o calor se transferiu por condução.
- e) a energia transferida não foi energia térmica.

10. (Unitau-SP) No inverno usamos agasalho porque:

- a) o frio não passa através dele.
- b) pode ser considerado um bom isolante térmico.
- c) transmite calor ao nosso corpo.
- d) permite que o calor do corpo passe para o ar.
- e) tem todas as propriedades citadas nas alternativas anteriores.

Apêndice V – Cartão de Pergunta do jogo didático



Apêndice VI – Cartão de resposta do jogo didático



Apêndice VII – Folhas de coleta de subsunções



Coleta dos subsunções dos alunos do 2º Ano do Ensino Médio através de imagens norteadoras

Nome: _____ Turma: _____

Escola: _____ Data: / /





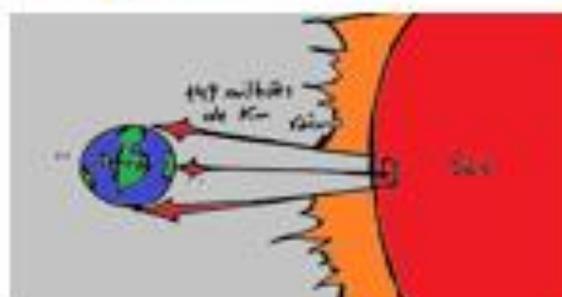
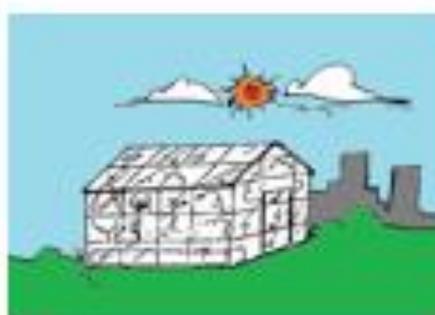
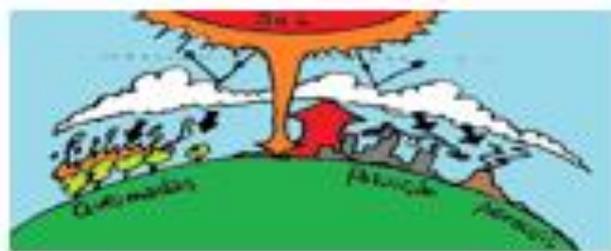
MNPEF
 Ministério Nacional
 de Políticas
 Educacionais



Coleta das subseções dos alunos do 2º Ano do Ensino Médio através de imagens orientadoras

Nome: _____ Turma: _____

Escola: _____ Data: | / |





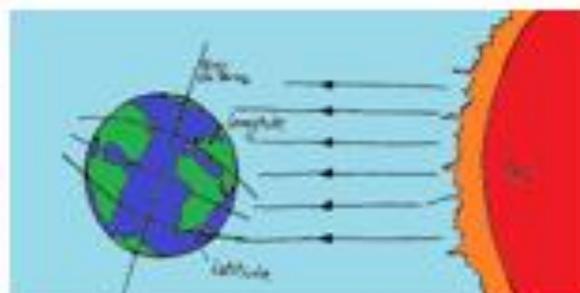
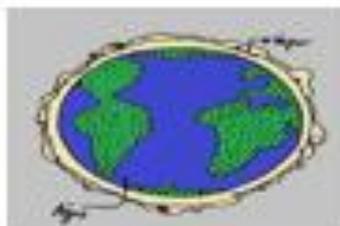
MNPEF
Ministério Nacional de
Educação



Coleta das subeunçoes dos alunos do 2º Ano do Ensino Médio através de imagens norteadoras

Nome: _____ Turma: _____

Escola: _____ Data: / /



Anexo I

A Plataforma Arduino

O que é o Arduino?

O Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica de hardware e softwares livres concebida no Interaction Design Institute Ivrea, no norte da Itália, por um grupo formado por Massimo Banzi, David Cuartielles, Tom Igoe, Gianluca Martino e David Mellis. Foi baseado em outro projeto criado para a dissertação de mestrado de Hernando Barragan, auxiliado por Massimo Banzi e Casey Reas no Interaction-Ivrea, o Wiring, este, por sua vez, estava alicerçado no projeto de prototipagem eletrônica de Banzi, o Programma2003, e a plataforma Processing, idealizada por Reas e Ben Fry (ARDUINO, 2016a).

Figura 22: Arduino Uno R3



Fonte: <https://www.eletrindex.com.br/arduino-uno-r3-cabo-usb.html>

As primeiras placas Arduino foram projetadas por Massimo Banzi e David Cuartielles, nas quais Cuartielles ficou encarregado de desenvolver o software, baseado em Wiring, junto à colaboração de Nicholas Zambetti. Já o hardware e sua manufatura foi elaborado por Gianluca Martino (ARDUINO, 2016a). O projeto recebeu um grande apoio do Programa de Tecnologia Interativa, da Faculdade de Artes Tisch, na Universidade de Nova Iorque, um dos fatores que indicam que, diferentemente de outros projetos de prototipagem eletrônica, o Arduino não era destinado à indústria ou ao especialista, mas sim a iniciantes ou pessoas com pouca afinidade na área da eletrônica.

A linguagem de programação do Arduino é muito semelhante à linguagem C, tornando-a acessível para quem conhece minimamente as principais

linguagens de programação, e é escrita dentro de uma interface chamada Arduino IDE. A versão mais popular do Arduino, denominada Arduino UNO, conta com um microcontrolador ATmega328P, 16 pinos digitais de entrada ou saída, 6 pinos analógicos de entrada, um cristal de quartzo de 16 MHz, um conector USB, um conector de alimentação e um cabeçote ICSP (ARDUINO, 2016b). A intenção de construção do Arduino é de que, como seu público-alvo não necessariamente tem conhecimentos mais aprofundados em eletrônica, a placa possua dispositivos de segurança suficientes para que nenhum tipo de dano à placa possa ocorrer devido à má utilização, por exemplo, um curto circuito.

O Arduino é considerado uma tecnologia de software e hardware livres porque qualquer um pode produzir um Arduino e tem acesso aos seus esquemas elétricos sem precisar pagar uma licença para isso. Exemplos de versões brasileiras do Arduino são o Severino e o Marminino, projetados respectivamente por Adilson Akashi e Daniel Chagas. A única exceção a esse regime de liberdade é que os derivados do Arduino não levem o nome da marca original. Recentemente, a companhia responsável pela idealização do Arduino se envolveu em disputas judiciais com a empresa fabricante das placas, que reivindicava pelo direito da marca Arduino. A empresa do grupo de Massimo Banzi acabou utilizando a marca Arduino nos Estados Unidos e a marca Genuino fora do território estadunidense até que os impasses fossem resolvidos.

Apesar da principal finalidade da plataforma Arduino não ser o uso educacional, por ser um recurso tecnológico de software e hardware livres e pela facilidade de programação e montagem de circuitos eletrônicos, muitos pesquisadores da área de Ensino apostaram na placa de prototipagem como um recurso tecnológico que poderia substituir os grandes computadores na sua função de automatização e coleta de dados e também na utilização da ferramenta da lógica de programação do meio virtual para resolver problemas concretos do mundo real e estimular o desenvolvimento do aluno.

Software Livre

Conforme GNU (2014), software livre é aquele que permite aos usuários “[...] a liberdade de executar, copiar, distribuir, estudar, mudar e melhorar o software”. Um programa só é um software livre se atende às quatro liberdades essenciais, definidas pela Free Software Foundation:

- A liberdade de executar o programa como você desejar, para qualquer propósito (liberdade 0).
- A liberdade de estudar como o programa funciona, e adaptá-lo às suas necessidades (liberdade 1). Para tanto, acesso ao código fonte é um pré-requisito.
- A liberdade de redistribuir cópias de modo que você possa ajudar ao próximo (liberdade 2).
- A liberdade de distribuir cópias de suas versões modificadas a outros (liberdade 3). Desta forma, você pode dar a toda comunidade a chance de beneficiar de suas mudanças. Para tanto, acesso ao código-fonte é um pré-requisito.

A ideia de um software livre e aberto ao senso de comunidade dos usuários surgiu em 1983, no Laboratório de Inteligência Artificial do MIT, por meio do projeto GNU, protagonizado por Richard Stallman, com o objetivo de produzir um sistema operacional livre que tivesse as mesmas possibilidades de rodar programas e aplicativos do sistema Unix, mas sem as dependências das licenças proprietárias de uso. O Unix, por sua vez, era um sistema operacional escrito em linguagem de alto nível, de fácil programação, criado a partir de um projeto de pesquisa da Bell Laboratories da AT&T, General Electric e do MIT (SILVEIRA, 2004, p. 17). Richard Stallman afirmou em seu anúncio inicial do projeto GNU os motivos que o levavam ao desenvolvimento deste sistema operacional livre:

Eu considero que a regra de ouro requer que se eu gosto de um programa eu tenho que compartilhá-lo com outras pessoas que gostam dele. Eu não posso, em boa consciência, assinar um acordo de não-quebra ou um acordo de licença de software. Então, para que eu possa continuar a usar computadores sem violar meus princípios, eu decidi reunir um corpo suficiente de software livre de tal modo que eu esteja apto a passar sem o uso de qualquer software que não seja livre (GNU, 2014, p.).

O propósito de criação de um sistema operacional livre ganhou apoiadores e culminou, em 1984, na formação da Free Software Foundation,

uma organização que promove a utilização, preservação e proteção dos softwares livres. A adoção de softwares livres pelos usuários, sejam eles corporações, governos ou pessoas físicas, oferece, além da própria questão da liberdade de uso e modificação, um ponto muito significativo: a economia de recursos financeiros. Silveira (2004) exemplifica este item considerando um investimento governamental de informatização de escolas públicas:

Utilizando software proprietário, o país gastará para informatizar suas principais 100 mil escolas públicas, no mínimo, US\$ 300 milhões aproximadamente a cada dois anos. A aritmética é simples: se utilizarmos 30 computadores em média em cada uma dessas 100 mil escolas, teremos de adquirir 3 milhões de licenças de uso de softwares básicos, o sistema operacional e os aplicativos de escritório (editor de texto, planilha de cálculo, editor de imagens e apresentações). Uma licença para cada computador comprado. Se cada licença custar somente US\$ 100, estaremos falando de um gasto desnecessário de US\$ 300 milhões (SILVEIRA, 2004, p. 39).

Além disso, é bem conhecido que as TICs são meios de expressão do conhecimento humano e da cultura global e a limitação do seu acesso pode ser entendida como uma violação de direitos fundamentais, ainda, na opinião de Silveira, “[...] em uma sociedade em rede, baseada na comunicação mediada por computador, não é possível concordar que as linguagens básicas dessa comunicação sejam propriedade privada de alguns poucos grupos econômicos” (SILVEIRA, 2004, p. 42).